

Publicación especial 1190-1 de NIST

**Guía de Planificación de Resiliencia
Comunitaria para Edificios y Sistemas
de Infraestructura**

Volumen II

Esta publicación está disponible de forma gratuita en el siguiente sitio web:
<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1190v2>

Publicación especial 1190-1 de NIST

Guía de Planificación de Resiliencia Comunitaria para Edificios y Sistemas de Infraestructura

Volumen II

Esta publicación está disponible de forma gratuita en el siguiente sitio web:
<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1190v2>

Mayo de 2016

Departamento de Comercio de los Estados Unidos
Penny Pritzker, secretaria

Instituto Nacional de Normas y Tecnología
Willie May, subsecretario de comercio de Normas y Tecnología y director



Descargo n.º 1

Es posible que se nombren ciertas entidades comerciales, equipos o materiales en el presente documento para describir un procedimiento o un concepto experimental de manera adecuada. El propósito de tal identificación no es sugerir la recomendación o el respaldo por parte del Instituto Nacional de Normas y Tecnología, ni tampoco indicar que las entidades, los materiales o los equipos son necesariamente la mejor opción disponible para lograr el objetivo.

Descargo n.º 2

La política de NIST consiste en utilizar el Sistema Internacional de Medidas (SI, por sus siglas en inglés) en todas las publicaciones. Sin embargo, en este documento, se presentan las medidas en el sistema que prevalece en la materia pertinente, aunque en algunos casos se puede presentar más de un sistema de medidas.

Derechos de autor

Esta publicación de NIST es una obra del Gobierno de los Estados Unidos que no está sujeta a la protección de los derechos del autor en el país según el Título 17, del § 105 del Código de los Estados Unidos. Esta publicación puede incluir contenido protegido por derechos de autor (como fotografías) que se utiliza con el permiso del titular de los derechos de autor acreditados. Es posible que se exija un permiso para la reproducción, redistribución y reutilización de dicho contenido protegido por derechos de autor aparte de esta publicación, que debe solicitarse al titular de los derechos de autor acreditados. En los casos en que no se acredite a ningún titular de derechos de autor ni a una fuente para una figura o tabla de esta publicación, la fuente será NIST y agradecería mucho que se le atribuyera.

**Publicación especial 1190-1 del Instituto Nacional de Normas y Tecnología
258 páginas (mayo de 2016)
CODEN: NSPUE2**

**Esta publicación está disponible de forma gratuita en el siguiente sitio web:
<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1190v2>**

Colaboradores

NIST	
David Butry	Therese McAllister
Steve Cauffman	Nancy McNabb
Stanley Gilbert	Doug Thomas
Erica Kuligowski	
Contratista principal: Applied Research Associates (ARA), Inc.	
Ryan Anthony	David Mizzen
Jessica Colopy	Janet MacKenzie
Bill Judge	Sebastian Penedo
Frank Lavelle	Peter Vickery
Miembros de la Resiliencia ante Desastres de NIST	
Don Ballantyne (Ballantyne Consulting)	Chris Poland (Ingeniero en Chris D. Poland Consulting)
Erich Gunther (EnerNex)	Steve Poupos (AT&T)
Joe Englot (HNTB)	Liesel Ritchie (Universidad de Colorado en Boulder)
George Huff (The Continuity Project)	Jay Wilson (Condado de Clackamas U Oficina de Manejo de Emergencias)
Stuart McCafferty (GridIntellect)	Ted Zoli (HNTB)
Kevin Morley (Asociación Americana de Obras Hidráulicas)	
Equipo de contratistas	
Erin Ashley (AECOM)	Robert Pekelnicky (Degenkolb Engineers)
Andrew Cairns (AECOM)	Nick Rubino (AECOM)
Chris Chafee (AECOM)	Kathy Schaefer (AECOM)
Jay Doyle (AECOM)	Larry Studdiford (AECOM)
Mat Heyman (Impresa Management Solutions)	Adrienne Sheldon (AECOM)
Alan Klindworth (AECOM)	Scott Tezak (TRC Solutions)
Jeffrey Kotcamp (TRC Solutions)	Simon Van Leeuwen (TRC Solutions)
Lauren O'Donnell (TRC Solutions)	Kent Yu (SEFT Consulting)
Colaboradores voluntarios	
Jim Castagna (Verizon)	Alexis Kwasinski (Universidad de Pittsburgh)
Robert Jakubek (US Cellular)	John Plodinec (CARRI)
Rosemary Leffler (AT&T)	Jim Shortal (Cox Communications)

Historial de revisión

Versión	Fecha de lanzamiento	Actualización
SP 1190	Octubre de 2015	Lanzamiento inicial
SP 1190-1	Mayo de 2016	Corrección de errores tipográficos y de formato

Índice

10.	Resumen ejecutivo.....	18
11.	Comprender y caracterizar la comunidad social.....	29
12.	Resumen ejecutivo de la comunidad social.....	29
12.1.	Introducción.....	30
12.2.	Capital social y participación de la comunidad.....	31
12.3.	Miembros comunitarios y sus necesidades (actualmente y en el futuro).....	32
12.3.1.	Vulnerabilidades sociales.....	32
12.3.2.	Necesidades de los miembros de la comunidad.....	33
12.4.	Instituciones sociales dentro de la comunidad.....	35
12.4.1.	Familia y parentesco.....	36
12.4.2.	Economía.....	36
12.4.3.	Gobierno.....	37
12.4.4.	Salud.....	40
12.4.5.	Educación.....	42
12.4.6.	Organizaciones de servicio comunitario.....	42
12.4.7.	Organizaciones religiosas, culturales y de otro tipo que apoyan los sistemas de creencias.....	44
12.4.8.	Medios de comunicación.....	44
12.5.	Dependencia entre las instituciones sociales y dentro de ellas.....	45
12.5.1.	Dependencias entre las instituciones sociales.....	45
12.5.2.	Dependencias dentro de las instituciones sociales.....	46
12.6.	Indicadores de las comunidades sociales y económicos.....	47
12.7.	Vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido.....	49
12.7.1.	Vínculos entre edificios e instituciones sociales.....	49
12.7.2.	Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de transporte.....	56
12.7.3.	Vínculos entre la energía y las instituciones sociales.....	56
12.7.4.	Vínculos entre las comunicaciones y las instituciones sociales.....	56
12.7.5.	Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de agua y aguas residuales.....	57
12.7.6.	Vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido luego de un desastre.....	57
12.8.	Objetivos de desempeño comunitario según las necesidades de los miembros de la comunidad.....	58
12.9.	Referencias.....	60
13.	Dependencias y efecto dominó.....	64
14.	Resumen ejecutivo de las dependencias.....	64
14.1.	Introducción.....	64
14.2.	Dimensiones de dependencia.....	65
14.2.1.	Dependencia interna y externa.....	65
14.2.2.	Tiempo.....	70
14.2.3.	Espacio.....	72
14.2.4.	Dependencia de las fuentes.....	74
14.3.	Planificación para las dependencias de los sistemas de infraestructura.....	75
14.4.	Referencias.....	82
15.	Edificios.....	83
16.	Resumen ejecutivo de los edificios.....	83
16.1.	Introducción.....	84

16.1.1.	Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales	84
16.1.2.	Confiabilidad frente a la resiliencia	85
16.1.3.	Dependencias	85
16.2.	Categorías y funciones de los edificios	86
16.2.1.	Gobierno	88
16.2.2.	Cuidado de la salud	89
16.2.3.	Escuelas y guarderías	89
16.2.4.	Centros religiosos y espirituales	90
16.2.5.	Residenciales y de hospedaje	90
16.2.6.	Negocios y servicios	91
16.2.7.	Sedes de congresos y eventos	92
16.2.8.	Instalaciones de detención y correccionales	92
16.3.	Objetivos de desempeño	92
16.4.	Entorno regulador	100
16.5.	Códigos y normas	101
16.5.1.	Nuevas construcciones	102
16.5.2.	Edificios existentes	106
16.6.	Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria	106
16.6.1.	Orientación disponible	106
16.6.2.	Soluciones para construcciones futuras	107
16.6.3.	Soluciones para las construcciones existentes	109
16.6.4.	Priorización de la estrategia	112
16.7.	Referencias	112
17.	Sistemas de transporte	115
18.	Resumen ejecutivo de los sistemas de transporte	115
18.1.	Introducción	117
18.1.1.	Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales	119
18.1.2.	Dependencias	120
18.2.	Infraestructura de transporte	123
18.2.1.	Carreteras, puentes, autopistas y túneles de carretera	123
18.2.2.	Ferrocarril	127
18.2.3.	Aire	129
18.2.4.	Puertos, muelles y vías navegables	131
18.2.5.	Tuberías	135
18.3.	Objetivos de desempeño	140
18.4.	Entorno regulador	147
18.5.	Códigos y normas	151
18.5.1.	Nuevas construcciones	154
18.5.1.1.	Niveles de peligro de diseño	157
18.5.1.2.	Niveles de recuperación	158
18.5.2.	Construcción existente	158
18.6.	Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria	160
18.6.1.	Orientación disponible	160
18.6.2.	Soluciones para construcciones futuras	161
18.6.3.	Soluciones para las construcciones existentes	163
18.7.	Referencias	165
19.	Sistemas de energía	173
20.	Resumen ejecutivo de los sistemas de energía	173
20.1.	Introducción	174
20.1.1.	Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales	175

20.1.2.	Confiabilidad, resiliencia y seguridad energética	175
20.1.3.	Dependencias	178
20.2.	Infraestructura de energía	178
20.2.1.	Energía eléctrica.....	179
20.2.1.1.	Generación	180
20.2.1.2.	Transmisión	181
20.2.1.3.	Distribución	182
20.2.1.4.	Tecnologías emergentes.....	184
20.2.2.	Combustible líquido.....	186
20.2.3.	Gas natural	190
20.2.4.	Energía de emergencia y de reserva.....	190
20.3.	Objetivos de desempeño.....	193
20.4.	Entorno regulador.....	197
20.4.1.	Federal.....	197
20.4.2.	Estatal.....	198
20.4.3.	Local	198
20.5.	Códigos y normas	198
20.5.1.	Nuevas construcciones.....	199
20.5.1.1.	Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño	200
20.5.1.2.	Niveles de recuperación.....	201
20.5.2.	Construcción existente	201
20.5.2.1.	Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño	203
20.5.2.2.	Niveles de recuperación.....	204
20.6.	Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria	204
20.6.1.	Orientación disponible	204
20.6.2.	Soluciones para construcciones futuras	206
20.6.3.	Soluciones para las construcciones existentes	208
20.7.	Referencias	210
21.	Sistemas de comunicación.....	215
22.	Resumen ejecutivo de los sistemas de comunicación.....	215
22.1.	Introducción.....	216
22.1.1.	Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales	217
22.1.2.	Disponibilidad, confiabilidad y resiliencia	218
22.1.3.	Dependencias	219
22.2.	Infraestructura de la comunicaciones	221
22.2.1.	Infraestructura central y sistema de cableado	222
22.2.1.1.	Centrales Telefónicas y Puntos de Intercambio de Internet (IXP, por sus siglas en inglés)	222
22.2.1.2.	Sistemas de distribución	225
22.2.2.	Sistemas inalámbricos.....	229
22.2.2.1.	Centros de conmutación de servicios móviles (MSC).....	230
22.2.2.2.	Torres celulares.....	230
22.2.3.	Sistemas de cable y de transmisión.....	231
22.2.4.	Comunicaciones de emergencia.....	232
22.3.	Objetivos de desempeño.....	233
22.4.	Entorno regulador.....	239
22.4.1.	Federal.....	239
22.4.2.	Estatal.....	239

22.4.3.	Local	240
22.4.4.	Jurisdicción superpuesta	240
22.5.	Códigos y normas	240
22.5.1.	Nuevas construcciones.....	241
22.5.1.1.	Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño	244
22.5.1.2.	Niveles de recuperación.....	245
22.5.2.	Construcción existente	246
22.5.2.1.	Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño	246
22.5.2.2.	Niveles de recuperación.....	247
22.6.	Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria	247
22.6.1.	Orientación disponible	247
22.6.2.	Soluciones para construcciones futuras	248
22.6.3.	Soluciones para las construcciones existentes	251
22.7.	Referencias	253
23.	Sistemas de agua y aguas residuales	257
24.	Resumen ejecutivo de los sistemas de agua y aguas residuales	257
24.1.	Introducción.....	258
24.1.1.	Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales	259
24.1.2.	Dependencias	259
24.2.	Infraestructura hídrica y de aguas residuales.....	262
24.2.1.	Infraestructura hídrica.....	262
24.2.1.1.	Suministro.....	262
24.2.1.2.	Transmisión	264
24.2.1.3.	Tratamiento.....	265
24.2.1.4.	Bombeo.....	266
24.2.1.5.	Almacenamiento	266
24.2.1.6.	Distribución	268
24.2.2.	Sistemas de aguas residuales.....	270
24.2.2.1.	Recolección y transporte.....	270
24.2.2.2.	Bombeo.....	271
24.2.2.3.	Tratamiento.....	272
24.2.2.4.	Descarga.....	275
24.3.	Objetivos de desempeño.....	275
24.4.	Entorno regulador.....	279
24.4.1.	Primacía federal y estatal	279
24.4.2.	Otros estados.....	279
24.5.	Códigos y normas	280
24.5.1.	Nuevas construcciones.....	280
24.5.1.1.	Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro esperados.....	283
24.5.2.	Construcción existente	283
24.5.2.1.	Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro esperados.....	283
24.5.2.2.	Niveles de recuperación.....	284
24.6.	Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria	284
24.6.1.	Enfoques de evaluación del sistema.....	285
24.6.1.1.	Ejemplo de la evaluación de la resiliencia de terremotos	286
24.6.2.	Soluciones para mejorar el desempeño del sistema	287

24.6.2.1.	Consideraciones generales	287
24.6.2.2.	Soluciones para las nuevas construcciones.....	289
24.6.2.3.	Soluciones para las construcciones existentes	289
24.7.	Referencias	290
25.	Métricas de resiliencia comunitaria.....	294
26.	Resumen ejecutivo de las métricas de resiliencia comunitaria.....	294
26.1.	Antecedentes	294
26.2.	Características deseables para las métricas de resiliencia comunitaria	295
26.3.	Tipos de métricas.....	295
26.3.1.	Tiempo hasta la recuperación de la función.....	295
26.3.2.	Vitalidad económica	296
26.3.2.1.	Atraer y conservar negocios y empleos	296
26.3.2.2.	Base impositiva.....	296
26.3.2.3.	Pobreza y distribución del ingreso.....	297
26.3.2.4.	Servicios e instalaciones locales	297
26.3.2.5.	Sostenibilidad económica	297
26.3.2.6.	Otras métricas económicas	297
26.3.3.	Bienestar social	297
26.3.3.1.	Supervivencia.....	298
26.3.3.2.	Protección y seguridad.....	298
26.3.3.3.	Sentido de pertenencia	299
26.3.3.4.	Crecimiento y logros.....	299
26.3.4.	Resiliencia ambiental	299
26.3.5.	Métricas híbridas.....	300
26.3.6.	Otras métricas	300
26.4.	Ejemplos de metodologías existentes para la evaluación de la resiliencia comunitaria.....	300
26.4.1.	Metodología SPUR	301
26.4.2.	Plan de Resiliencia de Oregón	301
26.4.3.	Planilla de resultados de la UNISDR sobre la capacidad de resiliencia de las ciudades en casos de desastre	302
26.4.4.	Sistema de Resiliencia Comunitaria de CARRI.....	302
26.4.5.	Conjunto de herramientas de impulso de la resiliencia comunitaria (CART)	303
26.4.6.	Indicadores de resiliencia base para las comunidades (BRIC)	304
26.4.7.	Marco de Resiliencia de la Ciudad de la Fundación Rockefeller	304
26.4.8.	Índice de Resiliencia de una Comunidad Costera de NOAA	305
26.4.9.	Metodología Hazus de FEMA	305
26.4.10.	Matriz de comparación.....	306
26.5.	Evaluación económica de la cartera de inversión de la resiliencia comunitaria.....	307
26.5.1.	Consideraciones de la cartera.....	308
26.5.2.	Toma de decisiones económicas que implican riesgo e incertidumbre	309
26.6.	Referencias	310
27.	Glosario	312
28.	Lista de términos.....	312
29.	Lista de acrónimos	316
30.	Referencias.....	323

Lista de figuras

Figura ES-1: Centro de Cedar Rapids, Iowa, durante las inundaciones del año 2008 [Fuente: FEMA 2009].....	19
Figura ES-2: Plan de resiliencia de Cedar Rapids, Iowa [adaptado y rediseñado, Cedar Rapids 2014]	20
Figura ES-3: Proceso de seis pasos para planificar la resiliencia comunitaria.....	22
Figura 10-1: Las funciones sociales y económicas de una comunidad definen los requisitos funcionales de los edificios y los sistemas de infraestructura de la comunidad.	30
Figura 10-2: La jerarquía de las necesidades humanas (adaptado de Maslow’s Hierarchy of Needs – a psychological perspective [Maslow 1943])	33
Figura 10-3: Alineación de las instituciones gubernamentales y de salud con la jerarquía de las necesidades de Maslow [Adaptado de Maslow 1943]	59
Figura 10-4: Alineación de las instituciones económica y familiares/de parentesco con la jerarquía de las necesidades de Maslow [Adaptado de Maslow 1943]	60
Figura 10-5: Alineación de todas las instituciones sociales con la jerarquía de las necesidades de Maslow [Adaptado de Maslow 1943].....	60
Figura 11-1. Ejemplo de dependencias internas y externas de infraestructura para los servicios de emergencia [Fuente: Pederson et al. 2006].....	66
Figura 11-2. Ejemplo de relaciones de dependencia externa [Adaptado y rediseñado, Rinaldi et al 2001]	68
Figura 11-3: Falla dominó de la dependencia interna del sistema eléctrico en el apagón del noreste de 2003.....	69
Figura 11-4: Falla dominó de la dependencia externa en el apagón del noreste de 2003.....	69
Figura 11-5: Cuatro zonas de impacto para la situación hipotética de terremotos en Cascadia de M9.0 [Fuente: OSSPAC 2013]	73
Figura 11-6: Ejemplo de la ubicación compartida de la infraestructura.....	74
Figura 11-7: El parque de tanques de combustible líquido de Portland, Oregón es vulnerable a fallas en las tuberías en el estado de Washington. (Fuente: Yumei Wang [DOGAMI 2012]	75
Figura 11-8: Períodos posibles de restauración del servicio después de una situación hipotética de terremoto M 7.9 en la Falla de San Andrés estimados en el estudio de la Ciudad de San Francisco.....	76
Figura 11-9: Mapa del SIG de los sistemas de infraestructura en Portland, Oregón [Fuente: USGS].....	80
Figura 11-10: Simulación previa al evento de la restauración del LADWP de las estaciones de bombeo y la fuente de alimentación	82
Figura 12-1: Fallas de las paredes de mampostería no reforzada durante un evento de terremoto	95
Figura 12-2: Daños no estructurales en los acabados interiores luego de un evento de terremoto	96
Figura 12-3: Las aguas de la inundación llegaron justo debajo del primer piso de este edificio	96
Figura 12-4: Daños en la cubierta del techo, al revestimiento vinílico y al salpicadero como resultado del viento.....	96
Figura 12-5: Daños no estructurales importantes dentro de un edificio que tenía una estructura estable luego de un evento de terremoto	96
Figura 12-6: Como resultado de una inundación estimada de 0,9-1,2 m (3-4 pies), se tuvieron que reemplazar las paredes interiores, así como también una puerta y ventanas exteriores [Fuente: FEMA]	97
Figura 12-7: Pérdida de revestimiento y daños menores en el cerramiento del edificio de baja altura debido a un evento de viento [Fuente: FEMA]	97
Figura 12-8: Edificio de apartamentos con piezas estructurales dañadas, con una estructura estable	98
Figura 12-9: Conexiones de tirantes fracturadas en un edificio dañado en un terremoto.....	98

Figura 12-10: Derrumbe de las paredes de cimentación debido a la presión hidrostática de las aguas de la inundación [Fuente: FEMA]	99
Figura 12-11: El viento y los escombros causados por el viento generaron daños importantes en los cristales de este edificio [Fuente: FEMA].....	99
Figura 12-12: Derrumbe de un edificio de cinco pisos debido al desgaste (por inundación) de cimientos poco profundos [Fuente: FEMA]	99
Figura 13-1: Descalce de carreteras tras el paso del huracán Irene (Fuente: foto tomada por Elissa Jun [FEMA 2014a]).....	124
Figura 13-2: Carretera local bloqueada a causa de árboles caídos luego de que los remanentes de la tormenta extratropical golpearon Kentucky [Fuente: Kentucky Public Service Commission 2009].....	124
Figura 13-3: Secciones del puente que se desprendieron de sus soportes durante el huracán Katrina debido a la acción de las olas (Fuente: foto tomada por Win Henderson [FEMA 2014d]).....	126
Figura 13-4: Se desgastó un puente ferroviario en Nueva Orleans a causa de las inundaciones durante el huracán Katrina (Fuente: foto tomada por Marvin Nauman [FEMA 2014c])	128
Figura 13-5: Las inundaciones en 1993 cerraron el aeropuerto del condado de Chester y movieron aviones [Fuente: foto tomada por Andrea Booher (FEMA 2014b)]......	131
Figura 13-6: Los contenedores de envío quedan fuera de lugar debido a los vientos fuertes y a la marejada luego del huracán Katrina en 2005. (Fuente: foto tomada por Win Henderson [FEMA 2014e]).....	132
Figura 13-7: Cuadro de comparación del DOT de Iowa.....	134
Figura 13-8: El personal de gas natural desconecta el gas después del huracán Sandy. [Fuente: Liz Roll, FEMA 2012].....	136
Figura 13-9: Daños causados por incendios debido a una rotura de tuberías de gas	137
Figura 13-10: Plazos para la funcionalidad de los sistemas de transporte y posibles impactos del cambio climático [Fuente: Michael Savonis, FHWA 2009]	160
Figura 13-11: Soporte de aislamiento sísmico del tren aéreo	161
Figura 14-1: Directrices para la seguridad energética de NASEO [2009]	177
Figura 14-2: Modelo conceptual de la red inteligente de NIST [Fuente: NIST 2014]	179
Figura 14-3: Diagrama de flujo de seguridad energética desarrollado por CaLEAP [Fuente: CaLEAP 2015]	206
Figura 15-1: Los árboles caídos en las carreteras debido a la tormenta de hielo en Kentucky ralentizaron los esfuerzos de recuperación [Fuente: Comisión de Servicios Públicos de Kentucky 2009].....	220
Figura 15-2: Resumen de los servicios y las aplicaciones respaldadas por los sistemas de infraestructura de las comunicaciones (Fuente: [DHS 2008, utilizado con permiso])	222
Figura 15-3: Unidad de energía portátil de reserva grande que se utiliza cuando fallan los generadores del sótano [Fuente: FEMA 2013].....	224
Figura 15-4: Falla del cable de televisión por antena comunitaria (CATV, por sus siglas en inglés) debido a los efectos del viento	227
Figura 15-5: DLC RT elevada con generador de reserva de gas natural instalado después del huracán Katrina.....	228
Figura 15-6: La ubicación de los sistemas de SAI es una consideración importante para la resiliencia y el mantenimiento periódico	232
Figura 15-7: Puerta estanca utilizada en la central telefónica en Kamaishi, Japón.....	249
Figura 16-1: Dependencias de agua con otros sistemas de infraestructura	260
Figura 16-2: Puente de la tubería de transmisión de agua dañado por el deslizamiento de tierra	265

Figura 16-3: Distrito de Agua del Valle de Santa Clara, lavadoras clarificadoras de plantas de tratamiento de agua dañadas debido a los movimientos del agua, terremoto de Loma Prieta en 1989.....	266
Figura 16-4: La licuefacción resultó en un asentamiento diferencial entre las estructuras soportadas por pilotes y las tuberías enterradas durante el terremoto de Tohoku en 2011.....	266
Figura 16-5: Tanque de agua derrumbado en Buras, LA cerca del lugar donde tocó tierra el huracán Katrina [Fuente: FEMA]	267
Figura 16-6: Tanques de acero dañados debido al tsunami de Tohoku, Japón en 2011	267
Figura 16-7: Movimiento del tanque que dañó las tuberías de conexión en el terremoto de Northridge en 1994.....	268
Figura 16-8: Abolladuras en la base de un tanque de acero en el terremoto de Northridge en 1994	268
Figura 16-9: Líneas de distribución expuestas (izquierda) y rotas (derecha) debido a las inundaciones en Jamestown, CO [Fuente: Agencia de Protección Ambiental]	269
Figura 16-10: Grietas en el suelo (izquierda) y separación de la junta en una tubería de hierro dúctil (derecha) debido a la licuefacción durante el terremoto de Kobe en 1995.....	269
Figura 16-11: Las estructuras que no estaban soportadas por pilotes fracasaron debido a la licuefacción en el terremoto de Kobe en 1995	274
Figura 16-12: Canal de la WWTP de Higashinada desplazado por la licuefacción en el terremoto de Kobe de 1995	274
Figura 16-13: El tsunami del terremoto de Tohoku en 2011 dañó la estación de bombeo de efluentes de la WWTP en Sendai.....	274
Figura 16-14: Daños en los equipos y tuberías de la WWTP por el terremoto de 2011.....	274
Figura 17-1: Evaluación preliminar resumida de las nueve metodologías de resiliencia comunitaria existentes.....	307

Lista de tablas

Tabla ES-1: Pasos de planificación y actividades clave para la resiliencia comunitaria	27
Tabla 10-1: Características del empleo en los Estados Unidos, año 2013 [Fuente: Oficina de Estadísticas Laborales 2015]	38
Tabla 10-2: Gastos de consumo como porcentaje total [Fuente: Oficina de Análisis Económicos 2013]	39
Tabla 10-3: Tamaño de la industria e importancia interindustrial en los Estados Unidos [Fuente: World Input-Output Database 2011; Timmer 2012]	48
Tabla 10-4: Vínculos entre los edificios y las instituciones sociales.....	51
Tabla 10-5: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de transporte.....	52
Tabla 10-6: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de energía	53
Tabla 10-7: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de comunicación	54
Tabla 10-8: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de agua y aguas residuales.....	55
Tabla 11-1: Dependencias de los sistemas de infraestructura identificadas por el Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad de San Francisco luego de una situación hipotética de terremoto M7.9 en la Falla de San Andrés [Adaptado de Laurie Johnson, Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco 2014].....	78
Tabla 12-1: Categorías de riesgo para los edificios [ASCE/SEI 2010].....	87
Tabla 12-2: Definiciones de nivel de desempeño para los grupos de edificios	88
Tabla 12-3: Tabla de ejemplo para la construcción de objetivos de desempeño a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas	94
Tabla 12-4: Niveles de peligro para edificios e instalaciones.....	103
Tabla 13-1: Métricas de rendimiento de alto nivel para los sistemas de tuberías de la Asociación Estadounidense de Líneas Vitales [Adaptado de ALA 2005].....	138
Tabla 13-2: Calificación cualitativa de la vulnerabilidad a los peligros de los componentes e instalaciones habituales de los sistemas de tuberías [Adaptado de ALA 2005].....	139
Tabla 13-3: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de transporte a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas	142
Tabla 13-4: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas	144
Tabla 13-5: Propiedad de la infraestructura de transporte y agencias reguladoras que gobiernan.....	149
Tabla 13-6: Función de la agencia responsable de la supervisión de transporte.....	150
Tabla 13-7: Códigos, normas o directrices de transporte superficial	155
Tabla 13-8: Códigos, normas o directrices de transporte superficial ferroviario.....	156
Tabla 13-9: Valor multimodal de las unidades de tiempo (VOTU, por sus siglas en inglés) para calcular el costo del retraso [Farokhi et al. 2015; Englot 2011].....	164
Tabla 14-1: Medidas y métricas de rendimiento de alto nivel para los sistemas de tuberías de la Asociación Estadounidense de Líneas Vitales [Adaptado de ALA 2005]	188
Tabla 14-2: Calificación cualitativa de los componentes habituales del sistema de tuberías y la vulnerabilidad de las instalaciones a los peligros [Adaptado de ALA 2005]	189
Tabla 14-3: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de energía eléctrica a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas.....	195
Tabla 15-1: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de las comunicaciones a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas	236
Tabla 15-2: Ejemplos de códigos y normas de comunicación tratados en este capítulo	241
Tabla 15-3: Ejemplo de las mejores prácticas para la infraestructura de las comunicaciones	243
Tabla 16-1: Peligros comunes y sus posibles consecuencias relacionadas [Adaptado del Grupo de trabajo de preparación, respuesta ante emergencias y recuperación de CIPAC 2009]	263

Lista de tablas

Tabla 16-2: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura hídrica a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas276

Tabla 16-3: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de aguas residuales a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas277

Tabla 16-4: Códigos, normas y directrices relacionadas con la resiliencia en las instalaciones de agua potable y aguas residuales282

10. Resumen ejecutivo

Resiliencia comunitaria: la perspectiva general. En los Estados Unidos, siempre hay comunidades que trabajan para recuperarse de un desastre. Aunque las comunidades no pueden detener los peligros naturales y solo tienen una capacidad limitada para prevenir las amenazas de la tecnología y del ser humano, sí pueden reducir las consecuencias desastrosas.

El grado de recuperación y el resultado final dependen de la naturaleza y gravedad del acontecimiento y de la preparación de la comunidad para prevenir incidentes, mitigar los riesgos, proteger los activos, responder de manera oportuna y coordinada y recuperar las funciones comunitarias. En conjunto, estas medidas determinan la resiliencia comunitaria.

Esta Guía de *Planificación de Resiliencia Comunitaria para Edificios y Sistemas de Infraestructura* se ha desarrollado para ayudar a las comunidades a abordar estos desafíos a través de un enfoque práctico que tiene en cuenta los objetivos sociales de la comunidad y su dependencia del “entorno construido” (edificios y sistemas de infraestructura).

- *Se entiende por resiliencia comunitaria* a la habilidad que tiene una comunidad de realizar lo siguiente:
- Prepararse para los peligros previstos
- Adaptarse a las condiciones variables
- Resistir las perturbaciones y recuperarse rápidamente de ellas

La Guía reconoce que la mayoría de las comunidades tienen recursos limitados para dedicar a las acciones relacionadas con la resiliencia y que mejorar la resiliencia es un proceso que probablemente se logre a lo largo de muchos años. El proceso de planificación de seis pasos de la Guía brinda una manera de alinear las prioridades y los recursos con los objetivos de la comunidad para poner en marcha o impulsar el proceso de resiliencia comunitaria. La Guía puede ayudar a las comunidades a mejorar la reconstrucción de manera tal que refleje sus culturas, condiciones y capacidades únicas.

Objetivos de la resiliencia comunitaria y esta Guía. La resiliencia comunitaria, que abarca actividades que van desde la preparación para eventos peligrosos, la mitigación de riesgos y la recuperación posterior al evento, debe ser proactiva y continua y, además, debe integrarse con otros planes y objetivos comunitarios. Las actividades tradicionales, tales como la preparación ante desastres, ayudarán a la planificación de la resiliencia y serán parte de ella siempre que incluyan la prevención, protección, mitigación, respuesta y recuperación.

Algunas comunidades están en camino de lograr la resiliencia. Estas comunidades incorporan la planificación de continuidad, la gestión de riesgos y los objetivos de resiliencia comunitaria a largo plazo. Sin embargo, muchas otras personas pueden mejorar su resiliencia a los peligros al incorporar una planificación más integral y decidida que involucre una gran cantidad de partes interesadas.

El objetivo nacional de preparación, desarrollado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) en respuesta a la directiva presidencial de política, imagina “una nación segura y resiliente con las capacidades necesarias en toda la comunidad para protegerse y recuperarse de las amenazas y los peligros que plantean el mayor riesgo, así como prevenirlos, mitigarlos y responder ante ellos” [FEMA, 2015a]. La Guía apoya ese objetivo al abordar el papel que desempeñan los edificios y los sistemas de infraestructura para garantizar la salud y la vitalidad de la estructura económica y social de la comunidad.

La planificación y las acciones de resiliencia no se llevan a cabo de la noche a la mañana y deben formar parte de un proceso integral y reflexivo. La Guía ofrece un proceso de planificación de seis pasos para que los gobiernos locales y los organizadores lógicos reúnan a las partes interesadas e incorporen la resiliencia en su planificación a corto y largo plazo. Este proceso hará lo posible para que las comunidades mejoren su resiliencia a lo largo del tiempo de una manera rentable y coherente con sus objetivos de desarrollo.

Contar con un plan y adoptar medidas para mejorar la resiliencia antes de que se produzca una amenaza aumenta la capacidad de las comunidades de recuperarse rápidamente de manera que se preparen mejor para enfrentar los eventos futuros. Aunque se produzca un evento extremo, una comunidad resiliente probablemente experimentará menos problemas y una rápida recuperación.

Las comunidades que no se preparen adecuadamente tienen más probabilidades de correr riesgos cuando se producen estos eventos peligrosos. A menudo, las comunidades no están preparadas para recuperarse de los eventos peligrosos, según lo demuestra la cantidad de declaraciones presidenciales de desastres cada año [FEMA, 2011a]. Es posible que el desempeño deficiente pueda deberse al envejecimiento de la infraestructura, las relaciones entre los sistemas físicos, la mala ubicación o la falta de mantenimiento. A menudo se le asigna una baja prioridad a la planificación verdaderamente transformadora para la resiliencia, a menos que un evento reciente capte el interés de la comunidad. Aun así, las comunidades tienden a centrarse en la restauración de las condiciones y capacidades anteriores en lugar de mejorar la reconstrucción.



Figura ES-1: Centro de Cedar Rapids, Iowa, durante las inundaciones del año 2008 [Fuente: FEMA 2009]

Algunas comunidades han adoptado medidas importantes para desarrollar, implementar y actualizar sus planes para mejorar la resiliencia. Cedar Rapids, Iowa, por ejemplo, desarrolló y empleó un plan de evacuación para tratar un posible incidente en una planta de energía nuclear instalada en un área anterior. Cedar Rapids ejecutó ese plan durante las inundaciones del año 2008 cuando el río Cedar superó en gran medida su nivel de inundación previsto de 500 años (Figura ES-1). A pesar del gran daño económico, no hubo víctimas fatales.

Teniendo en cuenta el beneficio y la importancia de la planificación de resiliencia, en los siguientes cuatro meses, el Concejo Municipal y el gerente municipal establecieron un proceso de participación comunitaria y desarrollaron un Plan de Recuperación y Reinversión más amplio, que se está implementando actualmente y está recibiendo reconocimiento nacional. La Figura ES-2 muestra un plan comunitario con alivios de inundación, diques, malecones y presas para mejorar la resiliencia de la comunidad ante las inundaciones. Este plan tiene como objetivo mejorar la calidad de vida general de la

comunidad, incluida la resiliencia ante los eventos de inundación. Las comunidades que tienen una visión de crecimiento, estabilidad y resiliencia fomentan el desarrollo económico, como lo ha hecho Cedar Rapids, incluso cuando se recuperan de un desastre.

¿Cómo puede ayudar la Guía de Planificación de Resiliencia Comunitaria? Aunque cada vez más organizaciones (nacionales e internacionales, públicas y privadas) están fomentando la resiliencia comunitaria para reducir las muertes causadas por desastres, la transformación de este importante concepto en la práctica continúa siendo un proceso de elaboración. Al trabajar con partes interesadas públicas y privadas, el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) desarrolló esta Guía voluntaria como parte del Plan de Acción Climática del presidente. Con el fin de mejorar la resiliencia, ofrece un proceso para que las comunidades incorporen medidas a corto y largo plazo.

Esta Guía ayuda a asociar las buenas ideas y acciones constructivas para fomentar la prosperidad a largo plazo de la comunidad. Al abordar la *cuestión* de la resiliencia, la Guía es una herramienta que ayudará a las comunidades a unificar la gestión del riesgo de desastres, la planificación de la respuesta ante emergencias y la organización del desarrollo económico y comunitario a largo plazo.

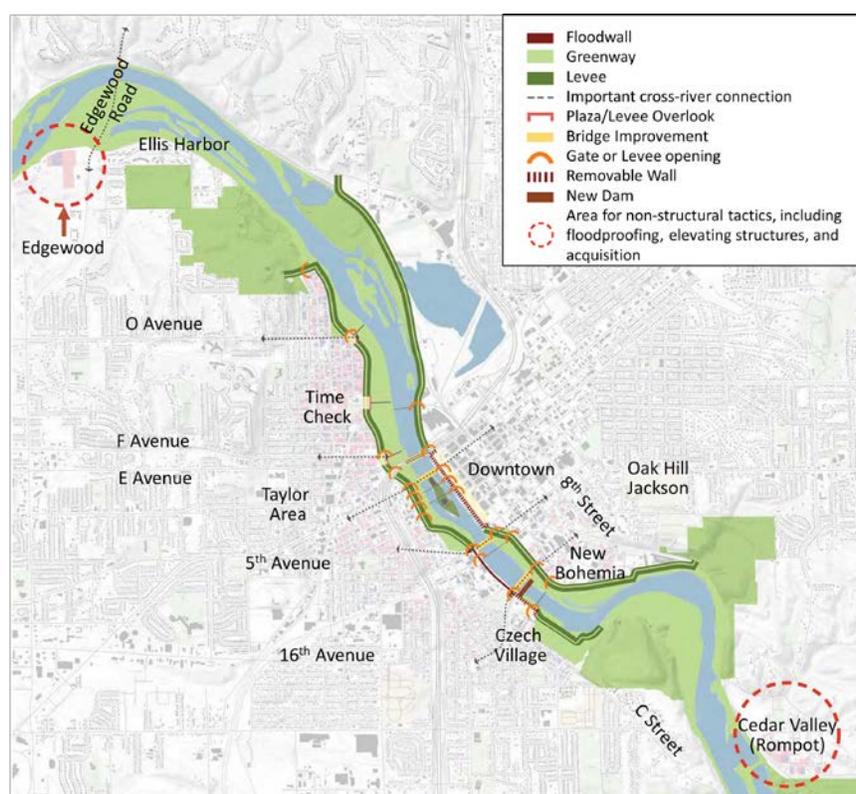


Figura ES-2: Plan de resiliencia de Cedar Rapids, Iowa [adaptado y rediseñado, Cedar Rapids 2014]

La Guía describe un proceso de planificación de seis pasos que ayuda a las comunidades a desarrollar planes de resiliencia personalizados al reunir a todas las partes interesadas, establecer objetivos de desempeño a nivel comunitario y desarrollar e implementar planes para aumentar la resiliencia. Este enfoque se centra en los papeles que desempeñan los edificios y los sistemas de infraestructura para asegurar que las funciones sociales se reanuden, cuando sea necesario, luego de un evento de peligro. (Entre las funciones sociales se incluyen al gobierno, los negocios, la atención médica, la educación, los servicios comunitarios, la religión, la cultura y los medios de comunicación). Si se produce un evento catastrófico, la planificación de resiliencia motiva a la comunidad y permite que cuente con planes para

recuperarse y reconstruirse de una manera reflexiva. Tales planes incluyen la coordinación con las comunidades cercanas, así como con agencias estatales, regionales y federales.

La Guía puede ayudar a una comunidad a tomar medidas específicas como las siguientes:

- Desarrollar, ampliar, unir e integrar sus planes actuales (p. ej. económicos, de preparación ante emergencias, de uso de tierras) con los planes de resiliencia comunitaria, principalmente para el entorno construido.
- Identificar riesgos, prioridades y costos anteriores y posteriores al evento, incluidas las consecuencias de evitar tomar ciertas medidas.
- Priorizar las medidas de resiliencia para edificios y sistemas de infraestructura en base a los peligros específicos que puede enfrentar la comunidad y la importancia de estos edificios y sistemas de infraestructura para apoyar las funciones sociales clave.

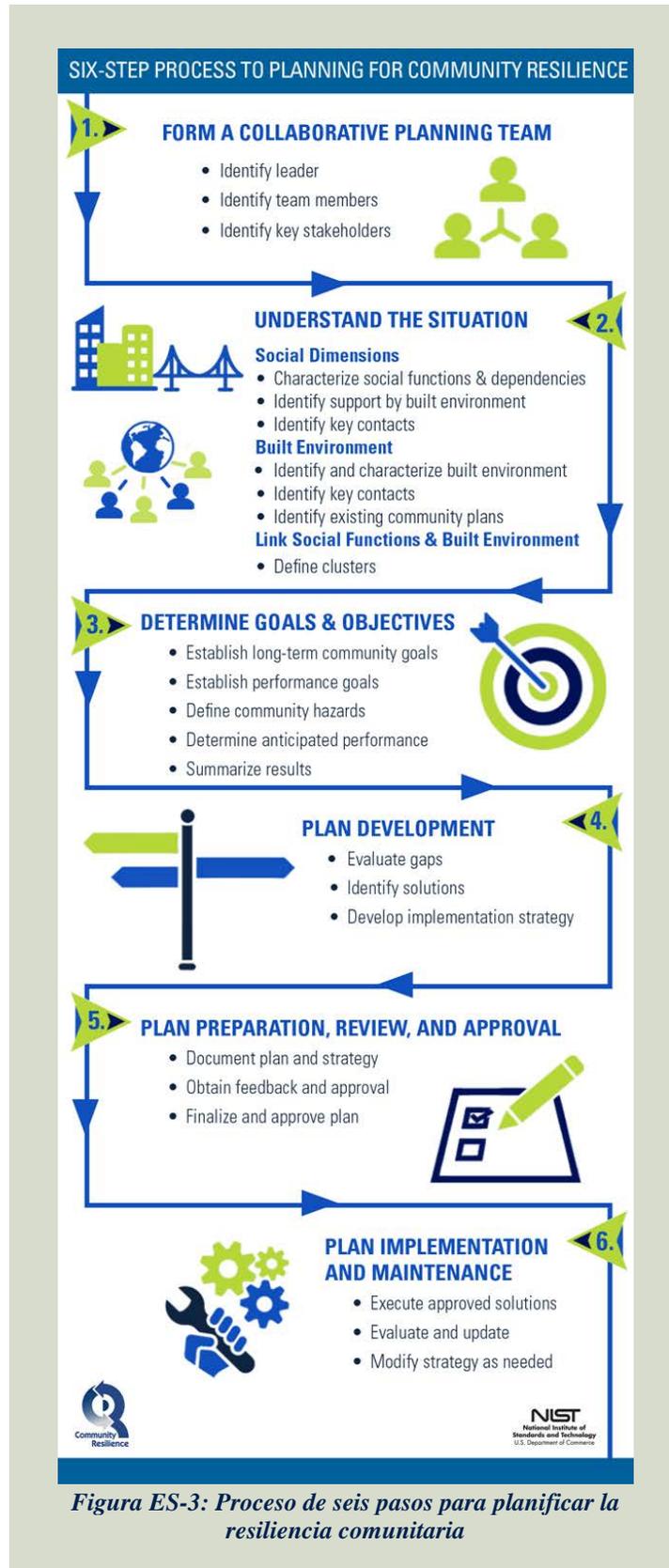


Figura ES-3: Proceso de seis pasos para planificar la resiliencia comunitaria

¿Cómo se adaptan los planes de resiliencia con otros planes comunitarios? Muchos planes de desastres no están bien integrados con otros planes comunitarios, incluido el plan general integral comunitario o el plan de operaciones de emergencia. La planificación de la resiliencia puede y debe basarse en otros planes comunitarios que ya existen. Un plan general aborda objetivos y metas a largo plazo para el gobierno local. Por otro lado, los planes de operaciones de emergencia preparan la respuesta de la comunidad ante las emergencias. Un plan de resiliencia integrado a nivel comunitario incorpora a la perfección pasos de preparación ante desastres y medidas de recuperación que los ayudarán a ser resilientes. Las comunidades deben asegurarse de que la resiliencia sea un objetivo común para toda su planificación.

Incorporar la planificación de resiliencia como un objetivo común suele implicar la adición de objetivos de desempeño específicos para edificios y sistemas de infraestructura y mucho más. Requiere un aporte y desarrollo detallados por parte de una amplia representación de líderes y partes interesadas, tanto públicas como privadas. Exige comprender los sistemas sociales, políticos y económicos de la comunidad y entender cómo los apoya el entorno construido. ¿Cuáles son sus vulnerabilidades? ¿Cómo afectarán a la recuperación comunitaria los daños que se produzcan en los edificios y en los sistemas de infraestructura? Para los edificios y los sistemas de infraestructura, que pueden ser de propiedad y operación pública o privada, es fundamental comprender su exposición a los peligros frecuentes, así como su desempeño previsto o mejora posible.

¿Quién debe ser el líder? ¿Quién debe estar involucrado? La resiliencia comunitaria debe ser promovida por un equipo de planificación que ejerza liderazgo e involucre a las partes interesadas públicas, sin fines de lucro y privadas, junto con la comunidad en general a lo largo del proceso (Figura ES-3). Gran parte del conjunto de edificios y de los sistemas de infraestructura, principalmente en los sectores de la energía y las comunicaciones, son de propiedad privada, por lo que es fundamental la colaboración de las partes interesadas para garantizar el éxito de la planificación.

El gobierno local es el organizador lógico para coordinar los intereses relacionados con la resiliencia comunitaria porque es responsable de implementar los códigos de edificación de la comunidad, los estatutos y los planes comunitarios y puede colaborar y coordinar con otras entidades. Muchos de los esfuerzos exitosos de la resiliencia comunitaria hasta la fecha han sido dirigidos por un funcionario comunitario que trabaja con un equipo de resiliencia establecido por el gobierno local que colabora con otras entidades públicas, sin fines de lucro y privadas. Los grupos que trabajan con partes interesadas representativas y expertos en el tema elaboran las recomendaciones. Una oficina dedicada a la resiliencia comunitaria, con un funcionario líder que cuente con personal de apoyo, puede ejercer un liderazgo sólido y consistente. Sin embargo, todas las comunidades tienen capacidades y recursos diferentes y deben abordar este proceso de la manera que mejor se adapte a su estilo y sus medios. En todos los casos, son fundamentales el compromiso del liderazgo comunitario y la participación de las partes interesadas comunitarias.

¿Cómo conecta esta Guía las necesidades sociales comunitarias con su entorno construido? En el contexto de esta Guía, las comunidades son lugares (como pueblos, ciudades o condados) designados por límites geográficos que funcionan según la jurisdicción de la estructura gubernamental. Es dentro de estos lugares donde la mayoría de las personas viven, trabajan, se sienten seguras y adoptan un sentido de pertenencia para poder crecer y prosperar. Todas las comunidades tienen instituciones sociales que responden a las necesidades de las personas y los hogares. Incluyen organizaciones familiares, económicas, gubernamentales, educativas, religiosas, culturales, de salud, servicio comunitario y medios de comunicación.

Los siguientes son ejemplos de cómo los miembros comunitarios dependen del entorno construido:

- La necesidad de vivienda y atención médica tiene alcance a nivel universal.
- Los niños necesitan edificios escolares.
- Los vecindarios necesitan distritos comerciales.
- Los negocios necesitan instalaciones adecuadas, cadenas de suministro que funcionen, redes de distribución y fuerzas laborales que estén disponibles con facilidad.
- Todos necesitan una red de transporte, sistemas de electricidad, combustible, agua y aguas residuales y acceso a la información y comunicación

Los Usuarios de esta Guía evaluarán sus instituciones sociales y su entorno construido al enfocarse en su papel e importancia en la resiliencia comunitaria. Es fundamental comprender cómo las personas, las instituciones sociales y las necesidades de la comunidad dependen del entorno construido. Al considerar las instituciones comunitarias y su dependencia en el entorno construido, es importante tener en cuenta las vulnerabilidades y necesidades de todos los sectores de la población. Con esta Guía, los planificadores de resiliencia identificarán la manera en que las personas en sus comunidades dependen de los edificios y los sistemas de infraestructura para apoyar la recuperación de la comunidad. Establecerán objetivos para estructurar la recuperación de las funciones luego de un evento peligroso.

El entorno construido puede sufrir daños importantes durante un evento peligroso. Según la severidad del evento, muchas personas podrían estar mal preparadas para solucionar los problemas por sí solas, especialmente durante un período de tiempo prolongado. Para apoyar las necesidades sociales fundamentales, como la respuesta ante emergencias y la atención médica en casos graves y de emergencia, las comunidades deben determinar de antemano qué edificios y sistemas de infraestructuras son los más importantes y deben estar en funcionamiento durante un evento peligroso o inmediatamente después de este. También necesitan determinar si el resto del entorno construido puede volver a funcionar en los días, las semanas y los meses posteriores a la recuperación y cómo lograrlo.

Determinar los objetivos y las metas de la resiliencia comunitaria. Las comunidades deben establecer objetivos de resiliencia a largo plazo para guiar la planificación de resiliencia, priorizar las actividades y desarrollar las estrategias de implementación. Por ejemplo, es posible que una comunidad desee desarrollar una mejor infraestructura para atraer nuevos negocios. O bien, puede querer mejorar el bienestar social mediante la reurbanización de una llanura aluvial para convertirla en un parque comunitario, al mismo tiempo que proporciona protección natural contra las inundaciones. Con la identificación de los objetivos de resiliencia comunitaria a largo plazo, las comunidades pueden identificar los objetivos de desempeño relacionados para esos edificios y sistemas de infraestructura en los que se confían los servicios sociales importantes.

Una pregunta clave a la que esta Guía incita y ayuda a los líderes comunitarios a responder es la siguiente: “¿cuándo es necesario restaurar los edificios y los sistemas de infraestructura que respaldan las instituciones sociales antes de afectar negativamente la capacidad de la comunidad para prestar servicio a

sus miembros a largo plazo?” Esta Guía ayuda a determinar el tiempo y la secuencia deseados para restaurar las funciones comunitarias.

Con el fin de determinar cómo se vería el entorno construido de la comunidad, los planeadores necesitan estimar el desempeño previsto de los edificios y sistemas de infraestructura comunitarios para hacer frente a los peligros más probables. Es posible que muchas comunidades hayan identificado los peligros predominantes al desarrollar planes para la mitigación de los peligros naturales, las operaciones de emergencia, la continuidad de las operaciones o la Identificación de Amenazas y Peligros y la Evaluación de Riesgos (THIRA, por sus siglas en inglés).

En esta Guía, se utilizan los siguientes tres niveles de peligro:

- Los eventos peligrosos de *rutina* son más frecuentes y menos consecuentes y no deberían causar daños importantes.
- Los eventos peligrosos de *diseño* se utilizan para diseñar estructuras; las cargas de diseño se especifican en los códigos de edificación para muchos peligros naturales.
- Los eventos *extremos* también se pueden definir en los códigos de edificación para algunos peligros; son los que tienen más probabilidades de causar daños importantes.

Esta Guía alienta a las comunidades a utilizar los tres niveles de peligro (*de rutina, de diseño y extremos*) para hacer frente a una serie de daños y consecuencias potenciales. La evaluación de estos tres niveles de peligro ayuda a las comunidades a desarrollar planes de resiliencia integrales. Cuando los niveles de peligro de diseño no se definen mediante un código (p. ej. incendios forestales o tornados), la comunidad puede establecer una situación hipotética o un nivel de peligro según la orientación disponible. Un plan de resiliencia comunitaria debe basarse en el evento de *diseño*, pero también se deben evaluar los eventos de rutina y los eventos extremos para asegurar que la comunidad planifique una gama de posibilidades de manera integral.

La diferencia entre el desempeño *previsto* del entorno construido actual y el *deseado* a futuro constituye las brechas críticas en el desempeño. Esas brechas, entonces, guían el desarrollo de las soluciones y estrategias para alcanzar los objetivos comunitarios a largo plazo y los objetivos específicos de desempeño deseados para el entorno construido. El simple hecho de identificar estas brechas es un resultado importante para los usuarios de esta Guía.

Es fundamental determinar soluciones viables y eficaces para subsanar esas brechas. Esta Guía fomenta la consideración de opciones administrativas, como la incorporación de principios de resiliencia en otros planes comunitarios (p. ej. la planificación del uso de la tierra y los acuerdos de ayuda mutua). Con frecuencia, tales opciones son menos costosas y se pueden poner en práctica con más rapidez que las opciones de construcción, que tardan más tiempo en implementarse, pero que pueden ser iguales de importantes.

Una vez que identifiquen, evalúen y recomienden soluciones potenciales, los usuarios de esta Guía prepararán un plan formal de resiliencia comunitaria según la información que recopiló el equipo de planificación y presentarán dicho plan para que sea revisado y debatido por las partes interesadas y la comunidad. Cuando se finaliza y aprueba, el plan de resiliencia debe ponerse en acción, revisarse y mantenerse periódicamente.

La resiliencia comunitaria en seis pasos: la Figura ES-3 resume los seis pasos básicos de planificación que recomienda esta Guía, con detalles adicionales disponibles en la tabla ES-1. El Volumen 1 desarrolla estos seis pasos básicos de planificación y otras actividades clave. El ejemplo de planificación de resiliencia comunitaria que se encuentra en el Capítulo 9 (Volumen 1) proporciona un modelo de planificación comunitaria en Riverbend, EE. UU., una ciudad ficticia que utiliza la Guía. Ese ejemplo recorre cada uno de los seis pasos y muestra cómo las comunidades pueden utilizar la Guía de manera eficaz. El Volumen 2 presenta información y recursos complementarios acerca de las dimensiones sociales de la resiliencia y las dependencias entre edificios y sistemas de infraestructura (p. ej. sistemas de energía, transporte, comunicación, agua y aguas residuales).

Los componentes fundamentales son tiempo, compromiso y participación. Se necesita mucho tiempo para planificar e implementar la mejora de la resiliencia comunitaria, y, a veces décadas, para que se acumulen los beneficios. Debido a que las prioridades difieren de una comunidad a otra, la resiliencia debe abordarse con diferentes niveles de detalle para adaptarse al tamaño, la capacidad y la singularidad de cada comunidad. Sin embargo, la resiliencia también aumenta cuando las comunidades cooperan con las jurisdicciones vecinas y regionales, especialmente cuando se comparten los servicios.

Por encima de todo, la identificación de las metas y los objetivos y el logro de la resiliencia comunitaria necesita de la iniciativa y el apoyo del liderazgo comunitario, una amplia participación de la comunidad que incluya el enfoque y la persistencia, y la voluntad de las partes interesadas públicas y privadas para evaluar con franqueza la interacción de los eventos peligrosos, las instituciones sociales, el gobierno, la economía y los edificios y sistemas de infraestructura comunitarios.

Esta Guía ofrece una alternativa viable para que los líderes comunitarios avancen. Deben revisar este enfoque con las posibles partes interesadas y luego tomar medidas. El simple hecho de comenzar el proceso contribuirá a que la comunidad entienda mejor su situación, lo que es posible y la manera en que se puede mejorar la resiliencia.

Tabla ES-1: Pasos de planificación y actividades clave para la resiliencia comunitaria

Pasos de planificación	Actividades clave
1. Establecer un equipo de planificación colaborativo (Capítulo 2)	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar a un líder de resiliencia para la comunidad. ● Identificar a los miembros del equipo y sus papeles y responsabilidades. ● Identificar las partes interesadas públicas y privadas clave para todas las fases de planificación e implementación.
2. Entender la situación (Capítulo 3)	<ul style="list-style-type: none"> ● Dimensiones sociales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar y caracterizar las funciones y dependencias de las instituciones sociales, entre las que se incluyen los negocios, las industrias y los sistemas financieros, en base a las necesidades individuales y sociales satisfechas por estas instituciones y a los bienes y las vulnerabilidades sociales. ▪ Identificar cómo el entorno construido apoya las funciones sociales. ▪ Identificar los contactos y representantes principales para las actividades de evaluación, coordinación y toma de decisiones.
	<ul style="list-style-type: none"> ● Entorno construido: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar y caracterizar los edificios y los sistemas de infraestructura, lo que incluye el estado, la ubicación y las dependencias entre los sistemas. ▪ Identificar los contactos y representantes principales para las actividades de evaluación, coordinación y toma de decisiones. ▪ Identificar planes existentes para ser coordinados con el plan de resiliencia.
	<ul style="list-style-type: none"> ● Vincular las funciones sociales con el entorno construido de apoyo. ● Definir los grupos de edificios y la infraestructura de apoyo.
3. Determinar metas y objetivos (Capítulo 4)	<ul style="list-style-type: none"> ● Establecer objetivos comunitarios a largo plazo. ● Fijar objetivos de desempeño de recuperación deseados para el entorno construido a nivel de la comunidad, según las necesidades sociales, las dependencias y los efectos dominó entre los sistemas. ● Definir los peligros y niveles de la comunidad. ● Determinar el desempeño previsto durante un evento peligroso o luego de este para apoyar las funciones sociales. ● Resumir los resultados.
4. Desarrollar el plan (Capítulo 5)	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaluar las brechas entre el desempeño deseado y previsto del entorno construido para mejorar la resiliencia comunitaria y resumir los resultados. ● Identificar soluciones para abordar las brechas, incluidas las opciones administrativas y de construcción. ● Priorizar las soluciones y desarrollar una estrategia de implementación.
5. Preparar, revisar y aprobar el plan (Capítulo 6)	<ul style="list-style-type: none"> ● Documentar el plan comunitario y la estrategia de implementación. ● Obtener respuesta y aprobación de las partes interesadas y la comunidad. ● Concluir y aprobar el plan.

Pasos de planificación	Actividades clave
6. Implementar y mantener el plan (Capítulo 7)	<ul style="list-style-type: none">● Llevar a cabo soluciones administrativas y de construcción aprobadas.● Evaluarlas y actualizarlas periódicamente.● Modificar la estrategia de implementación a corto y largo plazo para lograr los objetivos de desempeño según sea necesario.

11. Comprender y caracterizar la comunidad social

12. Resumen ejecutivo de la comunidad social

En el contexto de esta Guía, las comunidades son lugares designados por límites geográficos que funcionan según la jurisdicción de la estructura gubernamental. Las personas son la base de toda comunidad. En estos lugares, las personas viven, trabajan, se sienten seguras y adoptan un sentido de pertenencia para poder crecer y tener éxito. Una comunidad consiste de personas y hogares con características y necesidades únicas.

Las comunidades intentan organizarse para satisfacer las necesidades de sus miembros. Las instituciones sociales constituyen una forma de considerar la organización de una comunidad. Generalmente, una comunidad consta de ocho instituciones sociales diferentes que satisfacen las necesidades de sus miembros: 1) la familia y el parentesco, 2) la economía, 3) el gobierno, 4) la salud, 5) la educación, 6) las organizaciones de servicio comunitario, 7) las organizaciones religiosas, culturales y de otro tipo que apoyan los sistemas de creencias y 8) los medios de comunicación.

El *entorno construido* en toda comunidad incluye sus edificios y sistemas de infraestructura. Cuando se produce un evento peligroso, el daño al entorno construido puede dificultar el funcionamiento de las instituciones comunitarias y la satisfacción de las necesidades de los miembros. Si bien algunas instituciones sociales dependen bastante más que otras del entorno construido, existen vínculos entre el entorno social y el construido que deben mantenerse fuertes para que prospere la comunidad. Esta Guía se apoya en la base de que *las funciones sociales y económicas de una comunidad promueven los requisitos del entorno construido*.

La Guía expone una metodología para planificar la resiliencia al priorizar los edificios y sistemas de infraestructura en función de su importancia para apoyar las funciones sociales y económicas de la comunidad. Caracterizar la comunidad, incluidos los entornos construidos y sociales comunitarios, es una etapa integral de este proceso. Este capítulo proporciona el contexto y las herramientas para guiar al equipo de planificación comunitaria en la caracterización de las dimensiones sociales de su comunidad.

Antes de que una comunidad comience a caracterizar sus dimensiones sociales, debe identificar a los líderes de la población, los grupos y las organizaciones comunitarias para incluirlos en el equipo de planificación. Este capítulo comienza con un debate sobre la importancia de la participación de la comunidad en este proceso.

Comprender y caracterizar a la comunidad social implica primero la caracterización de sus miembros y necesidades, actualmente y en el futuro. La información sobre los tipos de datos que se pueden recoger sobre la población se utiliza para construir un panorama de las condiciones actuales y futuras. También se requiere información sobre las necesidades de los miembros comunitarios. Este capítulo analiza las necesidades de los miembros comunitarios en torno a la jerarquía de Maslow y reconoce que algunas necesidades son más urgentes que otras. Además, se trata la importancia de identificar las capacidades y vulnerabilidades sociales de la población. Es posible que no se atiendan de forma equitativa las necesidades de todas las personas que pueden verse afectadas en un evento peligroso (o en el día a día), como adultos mayores, personas en situación de pobreza, grupos minoritarios raciales y étnicos, personas con discapacidad y que sufren de enfermedades crónicas.

Este capítulo también se enfoca en las instituciones sociales que existen dentro de una comunidad para satisfacer las necesidades de sus miembros. Cada sección del capítulo está destinada a una de las ocho instituciones mencionadas anteriormente y hace un resumen de los propósitos y las funciones sociales a los que cada una presta servicios en las comunidades, así como las necesidades humanas que satisface. El capítulo también guía a las comunidades a través del proceso de identificación de las maneras en que

existen las dependencias entre las instituciones sociales y dentro de ellas y los vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido. Los vínculos entre el entorno social y el construido tienen una importancia especial, ya que guían al equipo en el desarrollo de objetivos de resiliencia en toda la comunidad para sus instituciones sociales que, a su vez, impulsarán el desarrollo de objetivos similares de desempeño para el entorno construido.

12.1. Introducción

Lograr la resiliencia comunitaria es un proceso social. Esta Guía brinda a la comunidad una metodología para planificar la resiliencia al priorizar los edificios y sistemas de infraestructura en función de su importancia para apoyar las funciones sociales y económicas de la comunidad. La Figura 10-1 ilustra este concepto.



Figura 10-1: Las funciones sociales y económicas de una comunidad definen los requisitos funcionales de los edificios y los sistemas de infraestructura de la comunidad.

La Guía describe un proceso de seis pasos que pueden seguir las comunidades para aumentar su resiliencia comunitaria. El primer paso es establecer un equipo de planificación colaborativo (consulte el Capítulo 2 del Volumen 1). Por lo tanto, la Sección 10.2 analiza la importancia de la participación de la comunidad al momento de planificar la resiliencia. En el segundo paso, el equipo de planificación, que incluye los líderes comunitarios, caracteriza las dimensiones sociales de la comunidad, es decir, las funciones sociales y económicas de una comunidad que se han establecido para satisfacer las necesidades de sus miembros (consulte el Capítulo 3 del Volumen 1). Este capítulo proporciona el contexto y las herramientas para guiar al equipo de planificación en la caracterización de la comunidad social. Los pasos para caracterizar la comunidad social son los siguientes:

1. Caracterizar a los miembros de la comunidad y sus necesidades (actuales y futuras). Este proceso incluye la identificación de la demografía de la población comunitaria y su ubicación geográfica dentro de la comunidad, las vulnerabilidades y desigualdades sociales en la población, las necesidades de los miembros comunitarios y el perfil económico de la comunidad. Además, la comunidad debe prever el crecimiento y las necesidades de sus miembros a largo plazo.
2. Identificar las instituciones y los sistemas sociales en la comunidad, incluidas sus funciones, las necesidades que satisfacen y las brechas en la capacidad que pueden reducirse al cambiar o mejorar un entorno construido.
3. Identificar las dependencias entre las instituciones sociales y dentro de ellas.

4. Identificar los indicadores sociales y económicos clave de la comunidad, es decir, los métodos de seguimiento del éxito de los esfuerzos y las mejoras de planificación realizados para lograr la resiliencia comunitaria.

Una vez que se han caracterizado las comunidades sociales y construidas, es importante que el equipo de planificación identifique las dependencias de las instituciones sociales en el entorno construido (se analiza en la Sección 10.7). Este capítulo finaliza con ejemplos de los objetivos de resiliencia que las comunidades podrían establecer para sus instituciones sociales y pueden utilizarse para desarrollar objetivos de desempeño para el entorno construido (Sección 10.8 y Capítulo 4 del Volumen 1).

12.2. Capital social y participación de la comunidad

El informe, *Disaster Resilience: A National Imperative [Resiliencia ante los desastres: un imperativo nacional]*, destaca la necesidad de un cambio de paradigma en los Estados Unidos hacia una nueva “cultura de resiliencia ante los desastres” [Las Academias Nacionales 2012]. En este informe, se incluye el capital social entre otros factores, como la salud y el estatus económico, que influyen en la capacidad de una comunidad para prepararse para los desastres, responder ante estos y recuperarse de ellos. Desde el 2006, han aumentado radicalmente las investigaciones publicadas sobre la importancia del capital social en la resiliencia a los desastres [Aldrich y Meyer 2014; Ritchie y Gill 2007].

El término “capital social” hace referencia a las redes sociales, la reciprocidad y la confianza generada por ellas entre las personas, los grupos y las comunidades y el valor de estas al momento de lograr objetivos comunes [Schuller, Baron y Field 2000]. Al igual que el capital cultural, el capital social refleja la convergencia de los valores compartidos en una comunidad. Es particularmente valioso porque aumenta la capacidad de una comunidad para trabajar hacia objetivos colectivos, muchos de ellos incluyen un aumento en otras formas de capital. Como señala Putnam [2000], el capital social “engrasa las ruedas que permiten que las comunidades avancen sin problemas”. En el nivel más básico, el capital social facilita el intercambio de información, funciona como conducto para proporcionar apoyo social y aumenta la capacidad para tomar medidas colectivas. Últimamente, se ha demostrado la importancia del capital social en la investigación sobre peligros y desastres.

El capital social puede contribuir a la resiliencia al aumentar el sentido de pertenencia y fortalecer los vínculos entre las personas y los grupos dentro de las comunidades. Esta posibilidad aumenta cuando la participación cívica involucra a muchos y diversos grupos de partes interesadas. Como se señala en el informe de Las Academias Nacionales 2012, “la creación de la resiliencia frente al riesgo de desastres también puede beneficiar a la comunidad, incluso en ausencia de un desastre, al fomentar el capital social para hacer frente a desafíos más triviales de la comunidad” [Las Academias Nacionales 2012].

La participación comunitaria es un aspecto importante del capital social de una comunidad. Es importante que el equipo de planificación identifique y se involucre activamente con las personas en el proceso de planificación comunitaria y representen los diversos puntos de vista y necesidades dentro de la comunidad. Las personas viven, trabajan, aprenden y participan en la comunidad y, por lo tanto, necesitan tener voz en el proceso de planificación comunitaria. Es posible que las comunidades deseen invitar a las personas que ya están participando activamente en otras actividades comunitarias, no necesariamente relacionadas con la resiliencia. Además, las comunidades quizás deseen identificar a las personas que estén altamente conectadas y comprometidas con el vecindario, el negocio o los grupos comunitarios. Estas personas pueden ayudar a representar las perspectivas y los intereses particulares del grupo que se vuelven más importantes a medida que se proponen mejoras en la resiliencia a través del proceso de planificación.

Para que las comunidades se involucren en la búsqueda de la resiliencia, es necesario que exista una creencia colectiva en la amenaza potencial de(los) peligro(s) y el valor de invertir en la resiliencia. Estas

creencias y estos valores también reflejan el nivel de riesgo que una comunidad está dispuesta a tolerar. Generalmente, este nivel de riesgo se basa en la experiencia y en la ciencia disponible. Las comunidades dependen de la ciencia y la ingeniería para presentar las probabilidades de peligro y diseñar las opciones para reducir o evitar la exposición a los peligros de la comunidad. Los científicos, ingenieros y responsables de la toma de decisiones deben consensuar su comprensión del propósito, los papeles, las responsabilidades y las limitaciones en relación con los desastres potenciales y los medios para planificar, detectar y notificar las amenazas, así como para responder ante ellas.

Mediante el proceso de planificación de resiliencia, las comunidades pueden comprender mejor cómo sus decisiones dan como resultado un mayor o menor nivel de riesgo de peligros potenciales. También pueden identificar las oportunidades para reducir las pérdidas futuras a través de estrategias de mitigación y recuperación. Lo adecuado es que la planificación de resiliencia ayude a las comunidades a demostrar inversiones creíbles para mejorar la calidad de vida durante los peligros a nivel de diseño y después de ellos. La planificación puede ayudar a acelerar la recuperación después de eventos peligrosos extremos y aprovechar las oportunidades de restauración y reconstrucción.

12.3. Miembros comunitarios y sus necesidades (actualmente y en el futuro)

El Sistema de Resiliencia Comunitaria (CRS, por sus siglas en inglés) del Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional (CARRI, por sus siglas en inglés) [CARRI 2013] equipara la caracterización de la comunidad social para definir la identidad comunitaria. La caracterización involucra lo siguiente:

- Analizar los datos existentes, o tal vez recopilar datos, sobre la demografía de una comunidad, sus ubicaciones geográficas y los indicadores económicos.
- Identificar los bienes, las capacidades (es decir, el capital social), las vulnerabilidades y las desigualdades sociales en la población.
- Reconocer las necesidades de los diferentes grupos en la comunidad.

Dado que la resiliencia implica una planificación y toma de decisiones a largo plazo, los líderes comunitarios podrían comenzar por identificar las formas en que la demografía, las capacidades, las vulnerabilidades y las necesidades locales específicas de la comunidad pueden cambiar con el tiempo.

Es posible que la identidad de una población, desde una perspectiva social, varíe mucho de una comunidad a otra. Es importante que una comunidad examine los datos demográficos de sus miembros, lo que incluye la edad, la educación, el género, los ingresos, el origen étnico, las tasas de empleo y de cobertura de seguro, los grupos con necesidades especiales y otras variables importantes. La mayoría de estos datos se encuentran disponibles sin costo alguno en las agencias federales, p. ej. la Oficina del Censo de los Estados Unidos [2015], pero los datos específicos a nivel local se pueden recopilar a través de encuestas, cuestionarios o entrevistas, o grupos de discusión con los miembros de la comunidad. También se deben utilizar los datos para crear un perfil de negocio o industria de la comunidad, p. ej., el porcentaje de la economía comunitaria que ocupa cada tipo de industria. Al comprender estos aspectos de su comunidad, los líderes comunitarios pueden comenzar a identificar las capacidades locales, así como las vulnerabilidades sociales, y, a su vez, las necesidades específicas de los miembros comunitarios.

12.3.1. Vulnerabilidades sociales

Al evaluar la población de la comunidad, es importante reconocer y abordar la vulnerabilidad social. No todas las personas utilizan los sistemas comunitarios o tienen acceso a ellos de la misma manera. Por lo tanto, es posible que no se atiendan las necesidades de todas las personas que pueden verse afectadas en un desastre (o en el día a día), como adultos mayores, personas en situación de pobreza, grupos

minoritarios raciales y étnicos, personas con discapacidad y que sufren de enfermedades crónicas. Además, es posible que los inquilinos, los estudiantes, las familias monoparentales, los propietarios de pequeños negocios, los grupos culturalmente diversos y los residentes de vecindarios históricos no estén adecuadamente representados [Phillips et al. 2009]. Por lo tanto, las interacciones de las personas y los hogares con sistemas comunitarios pueden introducir desigualdades entre ciertas subpoblaciones de una comunidad.

Estas desigualdades tienden a empeorar en un evento peligroso o luego de este. En concreto, un organismo grande o creciente de investigación empírica sobre peligros y desastres muestra que el riesgo no se distribuye ni se comparte de la misma manera en todos los grupos [Bullard y Wright 2009; Phillips et al. 2009; Tierney 2014; Las Academias Nacionales 2012; Instituto de Medicina 2015]. La vulnerabilidad previa al desastre, inherente a las instituciones sociales, puede afectar negativamente la respuesta, la recuperación y la resiliencia después de un desastre. Por ejemplo, algunas personas y algunos grupos se enfrentan a mayores riesgos que otros en función de su ubicación en la comunidad o los edificios en los que viven o trabajan (p. ej., viviendas deficientes), o tienen que depender solo del transporte público. Estos grupos también tienen menos probabilidades de ser incluidos en el proceso político y a menudo tienen poca voz en las actividades de planificación, respuesta y recuperación en casos de desastre.

Aquí, se destaca la vulnerabilidad para asegurar que se consideren todos los miembros comunitarios y sus recursos (o carencia de recursos) al planificar la resiliencia. Los líderes comunitarios deben identificar a las poblaciones más afectadas, no solo durante el evento de desastre o luego de este, sino también en el día a día, para tomar decisiones basadas en la resiliencia que mejoren la seguridad de vida y el bienestar de todos los miembros de la comunidad. Las comunidades pueden evaluar su vulnerabilidad social con una variedad de herramientas, incluido el Índice de Vulnerabilidad Social [Universidad de Carolina del Sur, 2013]. Para obtener más información sobre las poblaciones vulnerables, consulte Phillips et al. [2009] y Tierney [2014].

12.3.2. Necesidades de los miembros de la comunidad

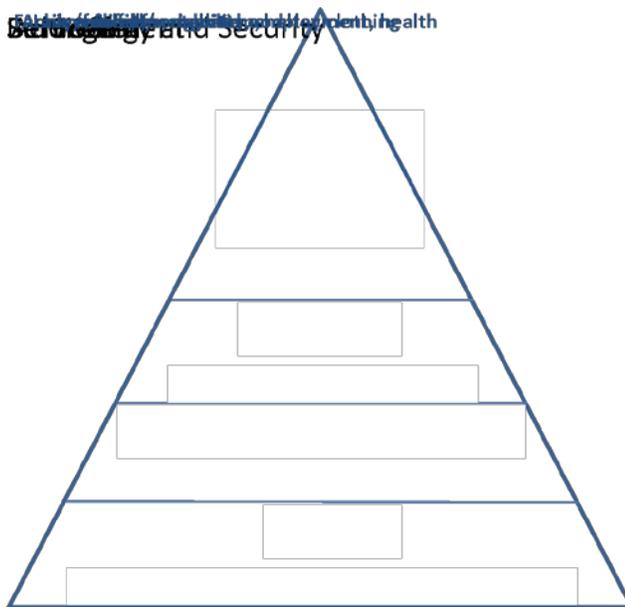


Figura 10-2: La jerarquía de las necesidades humanas (adaptado de Maslow's Hierarchy of Needs – a psychological perspective [Maslow 1943])

Las personas y los hogares de toda comunidad tienen un conjunto de necesidades que se esfuerzan por satisfacer a diario. La Figura 10-2 presenta una jerarquía generalizada de las necesidades de las personas y los hogares, que puede requerir mayor adaptación y especificación por parte de cada comunidad. La figura muestra las necesidades más importantes al pie (supervivencia), seguidas por las necesidades de protección y seguridad, pertenencia, crecimiento y logro [Maslow 1943]. Si bien todas las necesidades son importantes, la jerarquía muestra que algunas de ellas son más necesarias o urgentes que otras, un concepto que es particularmente útil en el contexto de la recuperación y la resiliencia. Aunque existen modelos conceptuales más detallados que analizan las necesidades humanas [p. ej., consulte Max-Neef, Elizalde y Hopenhayn 1991], este enfoque (adaptado de la jerarquía de las necesidades de Maslow) capta las dimensiones más esenciales con las que se ocupa este capítulo.

La supervivencia es la primera y más importante necesidad. La supervivencia incluye los requisitos físicos necesarios, como el aire, el agua, los alimentos, el refugio y la vestimenta. Si no se satisfacen estas necesidades, el cuerpo humano no puede vivir; las personas no pueden vivir más de 5 días sin agua y 6 semanas sin alimento, suponiendo que tengan un suministro de agua adecuado [Liebersohn 2004]. La supervivencia también incluye la protección de la vida contra los eventos peligrosos.

La segunda necesidad, protección y seguridad, incluye todos los aspectos de la seguridad personal y financiera (económica) y de salud y bienestar. Las personas necesitan protección y seguridad en sus vidas personales ante situaciones de violencia, abuso físico y verbal, guerra, etc. También tienen que saber que sus redes familiares y de amistad son seguras. Los individuos necesitan seguridad financiera (p. ej., seguridad laboral, ingresos consistentes, cuentas de ahorro, pólizas de seguro y otros tipos de redes de seguridad financiera). Los estudios de desastres durante la etapa de recuperación [Dickenson 2013; Binder 2014] muestran que es probable que las personas se trasladen a otra comunidad en busca de nuevos empleos [Sanders et al. 2003; Fraser et al. 2006; Hunter 2005] o ganancias económicas, como salarios elevados [Belcher y Bates 1983] o porque perdieron el acceso a sus activos no líquidos, como tierras de cultivo o barcos pesqueros [Black et al. 2008; Gray et al. 2009]. Estos estudios resaltan la importancia de proporcionar empleo y seguridad financiera a los miembros de una comunidad. Finalmente, las personas necesitan seguridad frente a las condiciones de salud negativas, para que puedan disfrutar de la vida y del bienestar consecuente en sus comunidades.

La tercera necesidad es la pertenencia. Esta necesidad representa la pertenencia y la aceptación entre varios grupos de personas (p. ej., familia, amigos, grupos escolares, equipos deportivos, colegas de trabajo, congregación religiosa) o la pertenencia a un lugar o una ubicación. En relación con los grupos de personas, los expertos a menudo analizan el concepto de capital social en una comunidad. El capital social describe las redes y relaciones que conectan a los miembros de una comunidad, lo que incluye la extensión e interconexión de las redes sociales en una comunidad, los niveles de participación cívica y la confianza interpersonal, interinstitucional e institucional [Las Academias Nacionales 2006; Aldrich y Meyer 2014]. La importancia de un sentido de pertenencia dentro de una comunidad ha sido demostrada por la investigación sobre la recuperación comunitaria, que muestra que la probabilidad de que las personas abandonen una comunidad aumenta cuando se pierden las redes sociales. [Sanders et al. 2003].

La investigación también demuestra que los individuos se ven beneficiados al tener un sólido sentido de pertenencia a un lugar, lo que inhibe su deseo de trasladarse luego de un evento peligroso [Groen y Polivka 2010; Cutter et al. 2014]. El fuerte apego o sentido de pertenencia a un lugar puede verse influenciado, por ejemplo, por el hecho de ser propietario de una vivienda o tener redes sociales fuertes y extensas en la comunidad.

La cuarta necesidad hace referencia al crecimiento y los logros. Los seres humanos necesitan tener un sentido de logro y, también, saber que son respetados en la sociedad. En la Figura 10-2, esta necesidad va acompañada de un crecimiento y una exploración continuos dentro de la sociedad, lo que incluye la capacidad de una persona para desarrollar todo su potencial y lograr todo lo que pueda durante su vida. Aunque esta necesidad puede parecer menos tangible que otras, el crecimiento y los logros son tan

importantes como otras necesidades y a menudo se logran a través de los logros educativos y la participación en las artes y la recreación.

La jerarquía de Maslow, apoyada por estudios de investigación sobre la recuperación de eventos peligrosos, identifica las funciones que se deben mantener en una comunidad resiliente [Arup 2014]. Por ejemplo, según la jerarquía de las necesidades, una comunidad resiliente puede realizar lo siguiente:

- Proteger la vida humana.
- Satisfacer las necesidades básicas.
- Proporcionar protección y seguridad desde una perspectiva personal, financiera, de salud y bienestar.
- Facilitar las relaciones humanas y la identificación (con grupos y lugares).
- Apoyar el crecimiento y los logros.

Sin embargo, todas las comunidades son diferentes y satisfacen estas necesidades de distintas maneras a través de sus instituciones sociales.

12.4. Instituciones sociales dentro de la comunidad

Caracterizar la comunidad social también implica identificar las instituciones sociales, incluidas sus funciones, las necesidades que satisfacen y las brechas en la capacidad que puedan subsanarse mediante un cambio o una mejora del entorno construido. Una institución social es un patrón complejo y organizado de creencias y comportamientos que puede incluir la familia, la educación, el gobierno, la religión o la economía, cada uno de ellos se superpone y es interdependiente. El propósito de las instituciones sociales es satisfacer las necesidades básicas individuales y del hogar.

Esta sección describe ocho instituciones sociales para guiar a las comunidades en la comprensión de su propio conjunto de instituciones sociales. Las Secciones 10.4.1 a 10.4.8 resumen los propósitos y las funciones de base social que cada institución cumple en las comunidades, así como las necesidades humanas que satisfacen en el contexto de la jerarquía de Maslow. Las ocho instituciones que se describen en este capítulo son las siguientes:

1. Familia y parentesco
2. Economía (es decir, negocio y comercio)
3. Gobierno
4. Salud
5. Educación
6. Organizaciones de servicio comunitario
7. Organizaciones religiosas, culturales y de otro tipo que apoyan los sistemas de creencias
8. Medios de comunicación

Aunque los grupos ad hoc pueden formarse dentro y fuera de estas instituciones sociales luego de un evento peligroso, esta sección presenta las maneras en que una comunidad se organiza habitualmente para desempeñar sus funciones diarias.

12.4.1. Familia y parentesco

La familia es la primera institución a la que nos exponemos. En la familia, una persona puede adquirir conocimientos sobre el mundo y la importancia del amor, el cuidado y el sentido de pertenencia. Se entiende por núcleo familiar a “una relación entre dos o más personas que están emparentadas por nacimiento, matrimonio o adopción”. Sin embargo, es difícil definir completamente lo que significa el término “familia”, ya que nuestra comprensión varía de una cultura a otra y a lo largo del tiempo. Puede que consideremos parte de nuestro núcleo familiar solo a aquellas personas dentro de nuestra familia de origen, incluso limitando el núcleo familiar a aquellas personas que viven en la misma residencia [Nam 2004]. Sin embargo, con mayor frecuencia, nuestra definición de familia se amplía para incluir a los miembros de la familia extendida (p. ej., abuelos, tías, tíos y primos) o incluso a amigos de muchos años, amigos de la familia u otras personas que no están emparentadas por sangre o matrimonio. Dentro del núcleo familiar y de parentesco se desarrollan vínculos estrechos y sólidos que, entre otros factores, pueden determinar el nivel de resiliencia de una comunidad en respuesta a un evento peligroso.

La proximidad de los miembros de la familia entre sí también es una consideración importante. Es posible que los miembros de la familia vivan en la misma residencia o en otra dentro de la misma comunidad, lo que proporciona una gran cantidad de grupos con vínculos estrechos para responder ante un evento o recuperarse de este. En otros casos, los familiares pueden vivir en diferentes áreas geográficas en el mundo. Si bien esta distancia puede disminuir la oportunidad de obtener el capital social, también puede ofrecer opciones adicionales de refugio a los miembros de la familia que desean evacuar una comunidad que ha sido interrumpida por un evento peligroso, ya sea temporal o permanente.

El núcleo familiar o de parentesco existe para apoyar todas las necesidades humanas en la jerarquía de Maslow, desde las necesidades más básicas hasta las de crecimiento y logros. El núcleo familiar o de parentesco es responsable de proporcionar apoyo y recursos para satisfacer las necesidades de supervivencia, de protección y seguridad, de pertenencia y aceptación y de crecimiento y logros.

12.4.2. Economía

Las instituciones económicas facilitan la asignación de recursos escasos en toda la sociedad. Los productores y proveedores combinan factores de producción (p. ej., tierra, mano de obra y capital) para desarrollar bienes y servicios que satisfagan las necesidades y los deseos de los consumidores. La disponibilidad de los factores de producción, junto con la demanda de los consumidores, determina la combinación final de bienes y servicios producidos, suministrados y consumidos.

La economía es un mecanismo por el cual se satisface la mayoría de las necesidades humanas. Aunque no se cubran todas las necesidades, la economía produce bienes y servicios que satisfacen algún elemento de supervivencia, protección y seguridad, pertenencia y crecimiento y logros de la jerarquía de Maslow. Algunas necesidades se satisfacen a través del consumo directo de bienes y servicios, como alimento y refugio. Otras necesidades se satisfacen como resultado de una economía que funciona. Por ejemplo, el empleo ofrece a las personas los medios para sobrevivir, pero también puede ofrecer oportunidades para el crecimiento y el logro profesional. Además, muchos lugares comerciales y con fines de lucro, como centros comerciales, barberías y restaurantes, facilitan las reuniones sociales de personas con intereses y experiencias de vida compartidos, lo que les proporciona un sentido de pertenencia. Está claro, por lo tanto, que la búsqueda de intereses económicos también crea valores que no tienen mercado; sin embargo, también es vulnerable a eventos perturbadores.

Buen suministro de producción y servicio. Las industrias en la economía se clasifican de acuerdo con su función de producción o suministro. Existen tres sectores económicos y son los siguientes:

- **Sector económico primario:** productores de materia prima, como la agricultura, silvicultura, pesca y minería. En el 2011, estas industrias representaron el 3,9% del producto interno bruto de los EE. UU.¹
- **Sector económico secundario:** productores de bienes, como las industrias manufactureras y de la construcción. En el 2011, estas industrias representaron el 15,8% del producto interno bruto de los EE. UU.
- **Sector económico terciario:** proveedores de servicios, como servicios públicos, comercios al por mayor y al por menor, transporte y almacenamiento, información, actividades financieras, servicios profesionales y comerciales, servicios educativos, cuidado de la salud y asistencia social, ocio y hospitalidad, otros servicios y también el gobierno federal, estatal y local. En el 2011, estas industrias representaron el 80,3% del producto interno bruto de los EE. UU.

Suministro de mano de obra. De los 316 millones de personas en los EE. UU. informados por las Estimaciones de Población de 2013 de la Oficina del Censo, aproximadamente 144 millones tenían empleo (Tabla 10-1). Según la Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense del año 2013, el 96,3% de los empleados trabajaban en su estado de residencia; por el contrario, el 23,8% lo hacían fuera de su condado [Oficina del Censo de los Estados Unidos 2015]. Para algunas comunidades (ubicadas en un condado), un porcentaje aún mayor de empleados puede trabajar fuera de los límites jurisdiccionales de sus comunidades. Por lo tanto, es probable que un evento peligroso que afecta a una comunidad en particular no afecte a toda la fuerza laboral.

Alrededor de 11 millones de personas a partir de los 16 años no tenían trabajo (Tabla 10-1). Las industrias que tienen una baja tasa de desempleo o que necesitan empleados bien formados e instruidos podrían tener dificultades para manejar una perturbación causada por un evento peligroso que desplaza a sus empleados.

Demanda del consumidor. En el año 2013, según las tablas de Ingresos Internos Brutos de los Ingresos Nacionales y las Cuentas de Productos de la Oficina de Análisis Económicos, los gastos de consumo personal ascendieron a \$11,5 billones o el 68% del PIB, la inversión a \$2,6 billones (16% del PIB), el consumo del gobierno a \$3,1 billones (19% del PIB) y las exportaciones netas fueron de -\$508,2 mil millones [Oficina de Análisis Económicos 2013]. Como se observa en la Tabla 10-2, aproximadamente un tercio de los gastos de consumo personal se destinó a bienes y el resto, a servicios. Los consumidores compran y utilizan los bienes y servicios de los vendedores en su comunidad mientras están en un viaje de negocios o de vacaciones (turismo) o en línea.

Es posible que un evento peligroso afecte la demanda del consumidor. Puede que esos sectores que desarrollan actividades turísticas experimenten una disminución en los gastos de consumo. Además, la economía podría observar un aumento de la demanda en la industria de la construcción si se necesitan reparar o reconstruir una gran cantidad de edificios comerciales o residenciales.

12.4.3. Gobierno

El gobierno proporciona leyes, normativas y servicios para proteger la vida y la propiedad, preservar la paz y el bienestar, fortalecer la identidad y las normas del grupo y definir los futuros objetivos sociales y económicos. En respuesta a este evento, por ejemplo, el gobierno puede satisfacer muchas de las necesidades de Maslow, comenzando por las necesidades de alimento, agua y refugio, hasta la protección

¹ El producto interno bruto (PIB) implica el valor de mercado de los bienes y servicios producidos por la mano de obra y el capital de un país. En el 2011, el PIB de los EE. UU. alcanzó los \$15,5 billones (Oficina de Análisis Económicos 2013).

y seguridad. (Consulte la Sección 1.6 del Volumen 1 *Otras actividades federales que apoyan la resiliencia*, para obtener un análisis más amplio de los programas federales actuales que apoyan la resiliencia comunitaria). Sin embargo, la entidad gubernamental que brinda servicios puede cambiar después de un evento peligroso para apoyar la recuperación de lo federal a lo local (o viceversa) o incluso, necesitar un cambio de lo privado a lo público, por ejemplo. Tales cambios podrían alterar la dependencia local del entorno construido.

Tabla 10-1: Características del empleo en los Estados Unidos, año 2013 [Fuente: Oficina de Estadísticas Laborales 2015]

	Empleados (miles)	Desem- pleados (miles)	Promedio de horas semanales	Promedio de ganancias por hora (dólares)
Agricultura y sectores afines	2 130	141	-	-
Minería, canteras y extracción de petróleo y gas	1 065	64	43,90	29,73
Construcción	9 271	935	39,00	26,12
Fabricación	14 869	1 019	40,80	24,35
Comercios al por mayor y al por menor	19 653	1 463	35,05*	22,13*
Transporte y servicios públicos	7 415	406	40,45 **	28,77 **
Información	2 960	175	36,70	32,90
Actividades financieras	9 849	424	37,10	30,15
Servicios profesionales y comerciales	16 793	1 284	36,10	28,52
Servicios educativos y de salud	32 535	1 098	32,70	24,44
Ocio y hospitalidad	13 554	1 379	26,00	13,50
Otros servicios	7 127	445	31,70	21,40
Administración pública/gobierno	6 708	851	-	-
Trabajadores independientes, familia y otras personas	-	1 774	-	-
Total	143 929	11 458	-	-

* Promedio de comercios al por mayor y al por menor.

** Promedio de transporte/almacenamiento y servicios públicos.

Tabla 10-2: Gastos de consumo como porcentaje total [Fuente: Oficina de Análisis Económicos 2013]

Bienes	34%	Servicios	66%
● Bienes duraderos:	11%	● Consumo de los hogares:	64%
● Vehículos automotores y piezas	4%	● Viviendas y servicios públicos	18%
● Mobiliario y equipamiento del hogar	2%	● Cuidado de la salud	17%
● Bienes y vehículos recreativos	3%	● Servicios de transporte	3%
● Otros bienes duraderos	2%	● Servicios recreativos	4%
● Bienes no duraderos:	23%	● Servicios de alimentación y alojamiento	6%
● Alimentos y bebidas (fuera del establecimiento)	8%	● Servicios financieros y seguros	7%
● Ropa y calzado	3%	● Otros servicios	9%
● Gasolina y otros bienes energéticos	4%	● Gastos de consumo de instituciones sin fines de lucro al servicio de los hogares	3%
● Otros bienes no duraderos	8%		

Los gobiernos locales, que son el centro de esta Guía, están formados por entidades de propósito general y específico y varían en términos de autonomía. Por ejemplo, algunas comunidades tienen plena autonomía para adoptar códigos y desarrollar estatutos, mientras que otras están restringidas por las regulaciones estatales. Las entidades de propósito general incluyen a los gobiernos de condados, municipales y municipios. Las entidades de propósito específico poseen funciones más particulares (p. ej. distritos escolares). En el año 2012, había 90 059 gobiernos locales, de los cuales el 43% cumplían una función general [Hogue 2013].

Desarrollo comunitario. El desarrollo comunitario es un asunto importante para las comunidades locales, ya que los gobiernos locales se esfuerzan para lograr una economía pujante y próspera. En gran medida, el desarrollo comunitario consiste en atraer y conservar negocios y empleos mejorar los servicios locales, abordar la pobreza y la desigualdad y mantener la calidad del entorno local. A menudo, las comunidades esperan que la mejora de los servicios locales atraiga y conserve de manera indirecta a los negocios y empleos. La prestación de servicios locales, como escuelas, carreteras y seguridad pública, es una función clave de los gobiernos locales. La seguridad pública y las carreteras tienen un impacto directo en la resiliencia de una comunidad frente a las amenazas. Las escuelas de calidad funcionan como un servicio público que puede atraer empleos y negocios. Las comunidades que no pueden atraer y conservar a los negocios y empleos tienden a tener peores resultados después de los eventos peligrosos que las comunidades que pueden hacerlo.

Para la mayoría de las ciudades, las fuentes de ingresos locales constan de alguna combinación de impuestos sobre la propiedad y sobre las ventas. Mediante la atracción de empresas comerciales y empleos se mantiene la base de ingresos del impuesto sobre las ventas. La base de ingresos del impuesto sobre la propiedad depende de los valores de esta, lo que se puede apoyar al mejorar la resiliencia ante desastres, ya que el riesgo de desastres está negativamente correlacionado con los precios de venta de las viviendas [Gilbert 2010].

Pobreza. La pobreza también es un asunto importante para las comunidades locales. Muchos de los proyectos que las comunidades llevan a cabo tienen como objetivo reducir la pobreza en sus vecindarios; y muchas de las fuentes de financiamiento externo disponibles para las comunidades se destinan a mitigar la pobreza. Estos asuntos inciden en la resiliencia ante desastre en el sentido de que las personas desfavorecidas suelen ser las más vulnerables a las consecuencias de los eventos peligrosos. A menudo, la mejora de la resiliencia comienza con proteger a estas personas.

Administración ambiental. A menudo, a los gobiernos locales se interesan en asegurar que sus comunidades sean buenas administradoras ambientales al proteger y mejorar sus ambientes. Ser ecológico y mantener una pequeña huella ecológica es importante para muchas comunidades locales. A su vez, estos esfuerzos pueden afectar la resiliencia comunitaria (consulte el Capítulo 17).

12.4.4. Salud

La salud es el “estado de completo bienestar físico, mental y social, que no se limita a la ausencia de enfermedades o dolencias” [Organización Mundial de la Salud 1948]. Existen diferencias en la unidad (o el nivel) del cuidado de la salud. La salud pública se enfoca en la salud a nivel de la comunidad, mientras que los servicios de cuidado de la salud se prestan normalmente a personas o familias en una comunidad. Esta sección analiza ambos niveles de los servicios de la salud.

La salud pública involucra las acciones tomadas como sociedad para “... asegurar de forma colectiva las condiciones en las que las personas pueden estar sanas” [División de Servicios de Cuidado de la Salud, Instituto de Medicina 1998; Centros para el Control y Prevención de Enfermedades 2014]. En general, los objetivos de la salud pública son los siguientes: 1) prevenir las epidemias y la transmisión de enfermedades; 2) proteger a las personas de los peligros ambientales; 3) prevenir lesiones; 4) promover y fomentar conductas saludables; 5) ayudar a las comunidades en la respuesta a los desastres y la recuperación y 6) asegurar servicios de salud de calidad y asequibles. El sistema de salud pública proporciona muchos servicios fundamentales, entre los que se incluyen: controlar el estado de salud de la comunidad, informar y educar a las personas sobre los riesgos para la salud y las conductas de protección, desarrollar políticas y planificaciones para promover comunidades más sanas, hacer cumplir las leyes y regulaciones, fomentar las asociaciones comunitarias, evaluar los servicios actuales de la salud y realizar investigaciones.

Existen departamentos de salud pública en los planos federales, estatales, locales y tribales. Este capítulo aborda los departamentos de salud tribales y locales. En algunos lugares, existen departamentos de salud pública locales como una entidad dentro del gobierno local y pueden tomar la mayoría de las decisiones para la salud pública comunitaria. Sin embargo, en otros lugares, los departamentos de salud están dirigidos por gobiernos estatales o regidos por autoridades estatales y locales. Las actividades frecuentes en las que participan los departamentos de salud incluyen la provisión de vacunas, la vigilancia de enfermedades infecciosas, los exámenes de detección de la tuberculosis, la inspección de los establecimientos de servicio alimentario y la educación sobre seguridad alimentaria. Algunas de estas pueden llegar a ser muy importantes después de un evento peligroso.

A nivel individual o familiar, los servicios de cuidado de salud promueven, controlan, mantienen y recuperan la salud. Según la Organización Mundial de la Salud, independientemente de cómo se organicen, todos los sistemas de salud necesitan abordar seis funciones fundamentales como las

siguientes: 1) proporcionar servicios de salud; 2) desarrollar agentes sanitarios; 3) llevar a cabo un sistema de información sanitaria que funcione; 4) brindar un acceso equitativo a productos médicos esenciales, vacunas y tecnologías; 5) movilizar y destinar los recursos financieros y 6) asegurar el liderazgo y la gobernanza [Organización Mundial de la Salud 2007].

La institución de cuidado de salud satisface principalmente las necesidades de supervivencia y seguridad de la jerarquía de Maslow. Sin embargo, una comunidad puede considerar que, a través de la obtención de un mayor nivel de bienestar para sus miembros, un sistema de cuidado de salud sólido basado en la comunidad puede ayudar a satisfacer las necesidades de pertenencia, crecimiento y logros.

Los sistemas de cuidado de salud consisten en un complejo y variado conjunto de jugadores. Muchas personas y organizaciones participan en el sistema de cuidado de salud, tales como instituciones educativas y de investigación, proveedores médicos, aseguradores, proveedores de cuidado de salud, pagadores (p. ej., aseguradores comerciales y empleadores), procesadores de reclamaciones, reguladores y formuladores de políticas [Shi y Singh 2008]. En el sistema de cuidado de salud, muchos de estos grupos pueden pertenecer a otras instituciones que se discuten en esta sección, entre las que se incluyen la educación, la economía y el gobierno.

Sin embargo, los diferentes tipos de servicios que prestan los proveedores de cuidado de salud en una comunidad son exclusivos de la institución de atención médica [Centros para el Control y Prevención de Enfermedades 2014; Asociación para la Enseñanza e Investigación de la Prevención 2015]:

- **Cuidados preventivos.** Tiene como objetivo prevenir lesiones y enfermedades futuras, lo que incluye exámenes de detección de presión arterial y de cáncer, pruebas de diabetes y colesterol, asesoramiento sobre temas como dejar de fumar o perder peso, vacunas de rutina, ayuda profesional, exámenes de detección y vacunas para garantizar embarazos saludables y vacunas antigripales [Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos 2015].
- **Cuidados primarios.** Proporciona servicios integrados de cuidado de salud destinados a proporcionarle al paciente una amplia gama de cuidados preventivos y curativos durante un período de tiempo [MedicineNet.com 2015].
- **Cuidados especializados.** Proporciona atención especializada por parte de médicos capacitados en un campo en particular (p. ej., neurología, cardiología, dermatología, etc.), generalmente por remisión de médicos de cuidado primario [Johns Hopkins Medicine 2015].
- **Cuidados crónicos o de largo plazo.** Aborda enfermedades preexistentes o de largo plazo.
- **Cuidados subagudos.** Proporciona cuidado para pacientes que no requieren atención hospitalaria (cuidados intensivos), pero que necesitan atención de enfermería especializada más intensiva [Departamento de Servicios de Salud de California 2014].
- **Cuidados intensivos.** Aborda enfermedades de corto plazo o graves con un período más corto (es decir, cuidado de emergencia).
- **Cuidados de rehabilitación.** Ayuda a una persona a restaurar las habilidades o funciones perdidas de una lesión o enfermedad (física o mental).
- **Cuidados terminales.** Proporciona cuidados para aquellas personas que enfrentan una enfermedad o lesión que limita su vida.
- **Cuidados de salud conductual o mental.** Trata las condiciones de salud que “se caracterizan por tener alteraciones en el pensamiento, el estado de ánimo o la conducta (o alguna combinación de ellas) asociadas con la angustia o el deterioro del funcionamiento” [Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos 1999], incluido el tratamiento de adicciones o abusos de sustancias.

- **Cuidado médico domiciliario.** Proporciona una amplia variedad de servicios para combatir enfermedades o lesiones que se brindan a las personas dentro de su hogar.

Los elementos de cada uno de estos servicios pueden incluir la prescripción de medicamentos a los pacientes, el hincapié en la creciente importancia de los servicios farmacéuticos y del personal, que también brindan cuidado individual en muchos casos, y la provisión de equipo médico duradero.

La urgencia de cuidado es una diferencia importante entre los servicios de cuidado de salud. Algunos servicios, por ejemplo, cuidados intensivos o de largo plazo (es decir, instalaciones de viviendas asistidas, hogares de ancianos, residencias de adultos), brindan a los pacientes cuidados críticos a los pacientes que salvan vidas en el día a día. Cada comunidad debe evaluar los servicios de cuidado de salud proporcionados a sus miembros, teniendo en cuenta que es posible que un evento peligroso afecte las demandas y la provisión de servicios para lesiones y traumas emocionales de los residentes y la fuerza laboral, y dar prioridad a los servicios más esenciales.

12.4.5. Educación

La educación es la institución social principal dedicada a la transferencia de conocimientos, habilidades y valores de un individuo o un grupo a otro. Generalmente, cuando una persona piensa en educación, le viene a la mente la educación formal. La educación formal puede comenzar en la guardería y continuar hasta la escuela primaria y secundaria, a las que a menudo se hace referencia como escuelas primarias, intermedias y secundarias. Esta educación puede llevarse a cabo en entornos escolares públicos, privados o en el hogar. La educación formal también incluye la educación superior en institutos terciarios o universidades.

También incluye la transferencia de conocimientos, habilidades y valores de otras maneras dentro de la institución educativa, lo que incluye la educación para adultos (o continua), la especial y la informal. La educación para adultos abarca desde la alfabetización básica hasta la realización personal (p. ej., clases de cocina o de idiomas) pasando por la obtención de un título avanzado [About Education 2015]. La educación especial brinda “instrucciones específicamente diseñadas para satisfacer las necesidades exclusivas de un niño (o adulto) con alguna discapacidad” [Departamento de Educación de los Estados Unidos 2004]. Finalmente, la educación informal puede incluir cualquier otro medio de transferencia de conocimientos, habilidades o valores, que incluye visitar museos, leer libros, asistir a clubes de lectura o participar en clases o demostraciones recreativas.

Las funciones de la institución educativa descritas en esta sección se enfocan en el día a día. Luego de un evento perturbador, la institución educativa dentro de una comunidad proporciona un lugar para educar al público sobre los peligros actuales que enfrenta la comunidad. Además, la institución educativa puede proporcionar un sistema de apoyo para que los estudiantes y profesores recuperen el sentimiento de normalidad después de que se produzca un evento.

La institución educativa satisface principalmente las necesidades de crecimiento y logros de la jerarquía de Maslow. Sin embargo, la participación en alguna de las formas de educación descritas en los párrafos anteriores satisface la necesidad de pertenencia de la persona. Además, las instituciones de educación formal brindan a menudo comidas a los niños en guarderías, escuelas primarias y secundarias, lo que satisface sus necesidades de supervivencia.

12.4.6. Organizaciones de servicio comunitario

Las organizaciones de servicio comunitario (CSO, por sus siglas en inglés) son entidades no gubernamentales sin fines de lucro de misiones y tamaños variados que brindan servicios a las personas en todo Estados Unidos. Si bien son las CSO, como la Cruz Roja y el Ejército de Salvación, las que

participan activamente en los esfuerzos de respuesta y recuperación, en esta sección también se consideran organizaciones que no tienen ese enfoque como parte de su misión. Dichas organizaciones pueden asumir estos papeles después de un evento peligroso. En general, estas organizaciones tienden a operar a nivel local y, a menudo, confían en voluntarios para que apoyen a un mínimo de personal a tiempo completo. Las CSO suelen centrarse en los servicios humanos, la conservación y recuperación del entorno natural y la seguridad y revitalización urbanas [PBWorks 2015]. Las CSO pueden ayudar a las personas a satisfacer sus necesidades básicas, como refugio, alimento y ropa, así como a proporcionar apoyo emocional y de salud mental. También pueden mejorar la calidad de vida general en una comunidad al participar en trabajos relacionados con la revitalización del vecindario, la vivienda asequible, la seguridad alimentaria, el transporte accesible, las asociaciones de personas de la tercera edad, la sostenibilidad comunitaria, la respuesta humanitaria, los fondos de ayuda médica, los programas extraescolares, los hogares y centros para jóvenes, el desarrollo de habilidades y la educación y la participación cívica.

Durante un evento perturbador y luego de este, el papel de las CSO, en particular aquellas que proporcionan servicios fundamentales, se torna cada vez más esencial. Como señala Ritchie et al. [2008] en un estudio integral de la preparación entre las organizaciones de base comunitaria:

Luego de grandes desastres, los ancianos frágiles que viven solos todavía necesitarán comida y otros servicios; las víctimas de desastres de bajos ingresos necesitarán asistencia de las clínicas comunitarias; los servicios para las personas con SIDA y para aquellos con enfermedades mentales crónicas tendrán que seguir siendo operativos y los inmigrantes seguirán necesitando la ayuda y el apoyo de las mismas organizaciones que proporcionan asistencia en épocas normales.

En muchos casos, la demanda de los tipos de asistencia proporcionados por las CSO aumenta sustancialmente luego de un desastre, ya que más personas buscan asistencia. En contextos posteriores a desastres, las CSO de casi cualquier tipo pueden adaptar y ampliar sus funciones y servicios para apoyar los esfuerzos comunitarios de respuesta y recuperación en casos de desastre.

Aparte de organizaciones que proporcionan servicios fundamentales, las CSO como los clubes civiles, sociales y recreativos (p. ej., los clubes rotarios, los clubes de niños y niñas y los programas extraescolares) adquieren cada vez más importancia en los procesos de recuperación comunitaria al brindar oportunidades y entornos físicos para aprovechar, mantener y desarrollar el capital social. Por ejemplo, los edificios que albergan las CSO pueden brindar un lugar para la planificación de la recuperación. Esta consideración es importante para comprender las necesidades de las CSO en relación con el entorno construido en términos de resiliencia comunitaria en general.

Con respecto a la jerarquía de Maslow, las CSO abordan necesidades humanas relacionadas con la supervivencia, la protección y la seguridad, la pertenencia y el crecimiento y los logros. La base de las necesidades cubiertas por una CSO determinada depende de su misión y de las personas a las que presta servicios. En muchos casos, las CSO satisfacen necesidades diarias de supervivencia, protección y seguridad, pertenencia, crecimiento y logros de los adultos mayores, las personas que viven en la pobreza, los grupos minoritarios raciales y étnicos, las personas con discapacidades y aquellas que sufren de enfermedades crónicas debilitantes. Es posible que los grupos familiares o de parentesco tradicionales no puedan satisfacer, de otra manera, estas necesidades. Otros tipos de CSO, como los clubes civiles, sociales y recreativos, tienen más probabilidades de abordar, de manera regular, las necesidades asociadas con la pertenencia y el crecimiento y los logros, en lugar de satisfacer las necesidades básicas. Las CSO brindan oportunidades y entornos físicos para aprovechar, mantener y construir el capital social.

12.4.7. Organizaciones religiosas, culturales y de otro tipo que apoyan los sistemas de creencias

Esta sección aborda instituciones sociales, incluidas las organizaciones religiosas y culturales, así como otros grupos que apoyan varios sistemas de creencias, como filosofías, ideologías y ciencias. Desde una perspectiva sociológica tradicional, la religión es una de las instituciones fundamentales de la sociedad.

Como institución, la religión involucra patrones compartidos de creencias y comportamientos que unen a las personas y les ayuda a comprender el significado y propósito de la vida. La religión tiene además la característica de estar integrada por grupos que proporcionan un sentido de solidaridad y propósito común [Witt 2013]. En general, la institución de la religión facilita la cohesión social, el apoyo emocional y el control social, además de servir como instrumento de socialización y de respuesta a fenómenos naturales inexplicables. Otras organizaciones que apoyan los sistemas de creencias cumplen una función similar.

Al igual que con las organizaciones de servicio comunitario, las funciones de las organizaciones religiosas y de otro tipo pueden cambiar en el contexto de un evento peligroso. Es posible que la demanda de sus servicios diarios aumente para proporcionar apoyo social adicional (p. ej., salud mental y emocional) a los miembros. Además, es posible que sus servicios cambien según las necesidades físicas de sus miembros, por ejemplo, proporcionar alimento y refugio.

Como institución social, las organizaciones que apoyan los sistemas de creencias satisfacen principalmente las necesidades de pertenencia y de crecimiento y logros que identificó Maslow. En algunos casos, también abordan las necesidades básicas de supervivencia.

12.4.8. Medios de comunicación

Los medios de comunicación hacen referencia a los canales de comunicación que, de alguna manera, difunden la información a los mercados grandes (p. ej., toda la población de un país) y a los más pequeños (p. ej., una comunidad o un grupo demográfico específico dentro de una población mayor). Un canal o una forma de comunicación a menudo es mencionado como un canal de “uno a muchos”, en el sentido de que una persona (por ejemplo, el autor de un libro) comunica su información a una audiencia de muchas personas. La comunicación es unidireccional, ya que rara vez existe la capacidad de intercambiar comentarios con el autor [Sociology Central 2011] y necesita un medio, p. ej., periódicos, libros y revistas con respecto a los medios impresos; y radio, televisión, cable e Internet en relación con los medios de difusión.

En los últimos 25 años, se creó la oportunidad de comunicación “de muchos a muchos” o pluridireccional gracias al desarrollo de las redes informáticas. Las salas de charla en Internet, las redes de pares y los medios de comunicación de redes sociales proporcionan medios para que las audiencias masivas interactúen y se comuniquen entre sí de forma simultánea.

Las instituciones de medios de comunicación tienen cuatro funciones básicas y cuatro subfunciones adicionales. Las cuatro funciones básicas son las siguientes: difusión de la información, educación (directa o indirectamente, a través de documentales, entrevistas, etc.), entretenimiento y persuasión. Las subfunciones adicionales incluyen la vigilancia (supervisar a la sociedad para advertir sobre acciones amenazantes), la interpretación (suministrar datos y hechos, explicar e interpretar los eventos y las situaciones), los vínculos (unir a otros tipos de instituciones sociales) (Sección 10.7) y la socialización o transmisión de la cultura [The Online Media 2012].

La institución de los medios de comunicación conecta a las personas con información de todo el mundo, la nación, el estado y la comunidad local. La mayoría de las comunidades tienen medios de comunicación locales que difunden información sobre las condiciones locales diariamente a través de periódicos, sitios web, revistas, estaciones de radio o televisión. Además, algunas comunidades locales albergan oficinas principales o centrales de medios de comunicación a nivel mundial, nacional o estatal.

Cuando se produce un evento peligroso, a menudo los medios de comunicación tienen la función de transmitir información sobre las consecuencias físicas y sociales del evento, así como los detalles sobre la asistencia para la recuperación a los sobrevivientes de la comunidad. Además de sus propias fuentes, los medios de comunicación dependen de otras fuentes para difundir información sobre la recuperación, que incluyen el gobierno local (es decir, las agencias de manejo de emergencias), los negocios, los departamentos de salud, los grupos comunitarios y el público. La información sobre un evento puede provenir de cualquier nivel de los medios de comunicación, incluido el público en general, a menudo en los momentos en que se produce el desastre. Según el tiempo de anticipación o de advertencia del evento de peligro, los medios de comunicación a menudo se apresuran para proporcionar cobertura. En el caso de eventos peligrosos con poco o nada de tiempo de anticipación, los primeros en llegar a la escena suelen ser los medios de comunicación y los escritores locales; sin embargo, en cuestión de horas o días, los medios de comunicación convergen para cubrir la noticia. A veces lleva días, o incluso semanas, cuando todos los medios de comunicación a gran escala han dejado el área para la difusión de la información de respuesta y recuperación para recaer principalmente en los medios de comunicación locales.

La institución de los medios de comunicación, en todos los niveles, satisfacen muchas de las necesidades de la jerarquía de Maslow. Primero, satisface las necesidades de protección y seguridad al proporcionar información, interpretación y vigilancia a la audiencia. Además, a través de su función de socialización, puede promover la pertenencia entre su audiencia. Finalmente, la institución de los medios de comunicación satisface las necesidades para el crecimiento y los logros al educar y entretener a la sociedad.

12.5. Dependencia entre las instituciones sociales y dentro de ellas

La caracterización de la comunidad social también incluye identificar las dependencias entre las instituciones sociales y dentro de ellas.

12.5.1. Dependencias entre las instituciones sociales

Una perturbación en el entorno construido que afecte a una institución social probablemente afectará a otras. Es importante que una comunidad identifique las maneras en que se conectan las instituciones sociales entre sí, a las que aquí se hace referencia como *dependencias*. Dado que cada comunidad es diferente, no es posible ofrecer una lista exhaustiva de todas las maneras en que las instituciones sociales dependen unas de otras. En su lugar, aquí se ofrecen algunos ejemplos de dependencias entre instituciones sociales [Holistic Disaster Recovery 2006] con la siguiente frase como modelo: la institución A depende de la institución B para (insertar función). Nota: es probable que su dependencia mutua varíe con el tiempo y dependa de la naturaleza de su conexión.

- El *gobierno* depende de la *institución económica* para pagar los impuestos locales (p. ej., impuestos sobre las ventas)
- El *gobierno* depende de la *institución económica* (es decir, firmas de abogados) para llevar a cabo casos legales [Cassens Weiss 2008]
- La *institución familiar o de parentesco* depende de las *instituciones económicas o gubernamentales* para realizar sus trabajos.
- La *institución económica* (es decir, proveedores de bienes y servicios [p. ej., restaurantes, personal]) depende de la *institución familiar o de parentesco* como base de clientes; al mismo tiempo, la *institución familiar o de parentesco* depende de la *institución económica* para los lugares de compra de bienes y servicios [Phillips 2009]

- Cada *institución social* depende de la *institución familiar o de parentesco* para la oferta laboral o la mano de obra.

Existen más ejemplos en los que las dependencias pueden incluir más de dos instituciones sociales. A continuación, se proporciona una lista de ejemplos que muestran dependencias que involucran tres o más instituciones sociales:

- La *institución familiar y de parentesco* depende de los *medios de comunicación* para brindar información acerca de lo que está sucediendo en las *instituciones gubernamentales, de salud y educativas* [The Online Media 2012].
- La *institución familiar y de parentesco* depende de las *instituciones gubernamentales o educativas* para brindar cuidado de niños, fin de que los adultos puedan volver a trabajar en las *instituciones económicas o gubernamentales*.
- La *institución familiar o de parentesco* depende de las *instituciones gubernamentales o económicas* para obtener alimentos y agua en el hogar y asistencia financiera (por ejemplo) antes de que puedan volver a trabajar en las *instituciones económicas o gubernamentales*.

12.5.2. Dependencias dentro de las instituciones sociales

Dentro de instituciones sociales particulares, como las instituciones gubernamentales o económicas, las industrias o entidades dependen unas de otras para llevar a cabo sus funciones. Por lo tanto, las dependencias también existen entre servicios ubicados en cada institución. A continuación, se muestra un ejemplo para las dependencias dentro de la institución económica.

Las industrias pueden ser motores importantes de la economía debido a su tamaño (p. ej., contribución al PIB), la proporción de la fuerza laboral que emplean o su importancia para otras industrias (p. ej., como productores y consumidores de bienes intermedios de otras industrias) Una perturbación del entorno construido puede afectar a varias industrias aparentemente no relacionadas entre sí en toda la economía a través de estas relaciones interindustriales. Los modelos de entrada y salida nacionales y regionales capturan los vínculos interindustriales.

La Tabla 10-3 presenta el tamaño de cada industria (1) en millones de dólares del PIB, (2) la contribución porcentual al PIB total, (3) el impacto por demanda en dólares y (4) el impacto de la oferta en dólares. La contribución porcentual del PIB muestra los flujos totales de una industria como porcentaje de todos los flujos de la economía. El impacto por demanda en dólares tiene que ver con el valor del PIB de otras industrias necesarias para producir un dólar del PIB de la industria que figura en la lista; muestra lo que sucede si se interrumpen los flujos hacia una industria. El impacto de la oferta en dólares es el cambio en el PIB que deriva de un cambio en dólares en el PIB de la industria que figura en la lista; muestra lo que sucede si se interrumpen los flujos de una industria [World Input-Output Database 2011]. Por ejemplo, la industria del comercio al por mayor y al por menor agregó \$1,96 billones de dólares a la economía de los Estados Unidos en el 2011, lo que constituyó el 13% del PIB de los EE. UU. Para producir \$1,0 millones del PIB en el comercio al por mayor y al por menor se necesitaban \$1,4 millones de dólares del PIB producidos por las demás industrias de la economía. Para producir \$1,0 millones del PIB de otras industrias en la economía se necesitan \$1,94 millones de PIB producidos por el comercio al por mayor y al por menor.

Un menor impacto por el valor de la demanda en dólares implica un mayor potencial para que una industria se vea afectada por las perturbaciones en otras industrias. Por ejemplo, la industria de suministro de electricidad, gas y agua es la más sensible a los cambios en el valor de la producción en comparación con el resto de la economía. Un menor impacto por el valor del suministro en dólares implica un mayor potencial para que otras

industrias se vean afectadas por una perturbación de una de ellas (p. ej., la economía es la más sensible a los cambios en el valor de la producción de la industria financiera e inmobiliaria).

El ejemplo en la Tabla 10-3 detalla los datos sobre el tamaño de la industria y la importancia interindustrial a nivel nacional. Este ejemplo puede ayudar a las comunidades a pensar sobre las maneras en que sus industrias se interconectan a nivel local y a proporcionar alguna orientación sobre cómo cuantificar las dependencias, si el tamaño de la industria y los datos importantes existen a nivel local.

12.6. Indicadores de las comunidades sociales y económicos

Otro aspecto para caracterizar la comunidad social es la identificación de cómo puede ser el éxito en términos de resiliencia comunitaria. En otras palabras, ¿qué métodos (o indicadores) usarán para hacer un seguimiento del éxito de los esfuerzos de planificación y de las mejoras realizadas para lograr la resiliencia comunitaria? En general, las preguntas que los indicadores comunitarios ayudarán a responder son las siguientes:

- ¿Cuán resiliente es mi comunidad?
- ¿Las decisiones e inversiones de mi comunidad mejorarán la resiliencia? Si es así, ¿qué tan importante será la diferencia?

Tabla 10-3: Tamaño de la industria e importancia interindustrial en los Estados Unidos [Fuente: World Input-Output Database 2011; Timmer 2012]

Industria	PIB (\$ millones)	% PIB	Impacto \$/ Demanda	Impacto \$/ Suministro
Agricultura y minería	466 194	3,1	1,74	1,92
Alimentos, bebidas y tabaco	221 187	1,5	3,36	2,48
Otros sectores industriales	1 627 644	10,8	2,08	1,66
Suministro de electricidad, gas y agua	246 896	1,6	1,21	2,62
Construcción	549 011	3,6	1,69	2,70
Comercios al por mayor y al por menor	1 960 689	13,0	1,40	1,94
Hoteles y restaurantes	473 854	3,1	1,71	2,68
Transporte terrestre	191 587	1,3	1,82	2,51
Transporte acuático	14 819	0,1	2,14	2,99
Transporte aéreo	65 468	0,4	2,07	2,97
Otras actividades anexas y complementarias a los transportes; actividades de agencias de viajes	142 442	0,9	1,44	2,33
Correo y telecomunicaciones	370 637	2,5	1,62	2,33
Finanzas e inmobiliaria	5 034 867	33,4	1,50	1,36
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	1 853 704	12,3	1,54	2,68
Servicios comunitarios, sociales y personales	1 869 079	12,4	1,57	2,35

Los indicadores sociales y económicos son importantes, específicamente para los propósitos de esta Guía, porque los responsables de la toma de decisiones comunitarios se interesarán en predecir las implicaciones sociales y económicas (ya sean positivas o negativas) de las decisiones de la comunidad (ya sean activas o pasivas) tomadas con respecto a la planificación, la ubicación, el diseño, la construcción, la operación, la protección, el mantenimiento, la reparación y la restauración del entorno construido. Los indicadores de resiliencia social y económica pueden ser de naturaleza cuantitativa o descriptiva. Se puede presentar el producto o resultado como una puntuación general relacionada con la resiliencia o como un conjunto de puntuaciones informadas por separado en una amplia gama de dimensiones físicas, económicas y sociales. En el Capítulo 16 de esta Guía se proporcionan ejemplos de indicadores de resiliencia para sistemas sociales y económicos y de las metodologías existentes para la evaluación de la resiliencia comunitaria.

12.7. Vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido

Algunas instituciones sociales dependen más que otras del entorno construido. Un ejemplo de esto es en la institución de salud donde, en su mayor parte, los servicios de emergencia suelen ser difíciles de prestar fuera de hospitales u otros edificios a largo plazo. El estudio llevado a cabo por el Departamento de Geología e Industrias Minerales de Oregón (DOGMI, por sus siglas en inglés), en asociación con la Autoridad de Salud de Oregón, examinó las dependencias que tenían los hospitales en los sistemas de infraestructura. Luego del terremoto de Cascadia, los daños a los sistemas locales de agua y a las redes de transporte retrasarán la respuesta y recuperación de los hospitales y afectarán a los servicios hospitalarios para los miembros comunitarios [Wang 2014].

Sin embargo, no todas las instituciones sociales dependen del entorno construido de la misma manera. Es posible que se transfiera la información, las habilidades y los valores a través de Internet o de manera virtual dentro de la institución educativa. Sin embargo, aún en situaciones remotas, donde no existe la necesidad de un edificio en particular, dependemos de los sistemas de comunicación para poder funcionar.

El entorno construido apoya muchas de las funciones de las instituciones sociales dentro de una comunidad. Es importante que la comunidad identifique las maneras en que el entorno construido apoya las funciones de cada institución social. Desde la Sección 10.7.1 hasta la 10.7.4 se ofrecen ejemplos de vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido, específicamente los edificios, el transporte, la energía, las comunicaciones y los sistemas de agua y aguas residuales en circunstancias normales. En la Sección 10.7.6 se proporcionan ejemplos para explorar los vínculos adicionales entre las instituciones sociales y el entorno construido en el caso de que ocurra un evento peligroso.

Las Tablas 10-4 y 10-7 brindan ejemplos de vínculos diarios entre las instituciones sociales y el entorno construido. Para cada institución social, las tablas ofrecen ejemplos del propósito del entorno construido, cómo se actualiza y las consecuencias directas o indirectas que pueden afectar a personas, grupos y comunidades luego de un evento de diseño o extremo.

12.7.1. Vínculos entre edificios e instituciones sociales

Los edificios proporcionan lugares para vivir, trabajar, aprender, acceder a los servicios de salud, obtener bienes y servicios, llevar a cabo actividades comerciales y producir y envasar materias primas y bienes. Además, los edificios proporcionan refugios y lugares de almacenamiento y albergan aparatos tecnológicos que se utilizarán para una serie de propósitos diferentes en una comunidad.

Estos propósitos se actualizan a través de la construcción y el mantenimiento de diferentes tipos del conjunto de edificios, incluidos los edificios residenciales, comerciales, industriales, educativos, institucionales y de almacenamiento. Sin edificios para apoyar las funciones sociales en una comunidad, esta se puede exponer a consecuencias directas o indirectas que pueden afectar a las personas, las familias, los negocios o la comunidad en general. Algunos ejemplos de posibles consecuencias directas incluyen la interrupción de los servicios gubernamentales (como la respuesta ante emergencias), la pérdida de empleo o refugio para los miembros de la comunidad, la pérdida de ingresos para los negocios o la comunidad y el aumento del malestar psíquico para los miembros comunitarios. Algunos ejemplos de consecuencias indirectas incluyen la pérdida de fuerzas laborales, la escasez de suministros y una gran cantidad de personas en situación de riesgo de mayores daños (etiquetadas en las tablas como “poblaciones en situación de riesgo”).

La Tabla 10-4 proporciona ejemplos de las maneras en que las ocho instituciones sociales dependen de los edificios a diario. Concretamente, se brindan ejemplos para presentar el propósito de los edificios en la institución social, las maneras en que se actualizan estos propósitos entre los tipos de edificios y el impacto para las personas, los negocios y la comunidad en caso de que se dañen los edificios. En el

Capítulo 12 se puede encontrar información adicional sobre los edificios y métodos que se utilizan para crear objetivos de desempeño para los edificios.

Tabla 10-4: Vínculos entre los edificios y las instituciones sociales

	Propósitos de los edificios en cada institución social	Cómo se actualiza el propósito en el entorno construido	Impactos posibles si se dañan los edificios	
			Directos	Indirectos
Familia	Tiene como objetivo brindar un lugar para vivir, construir una familia, proporcionar refugio, protección y seguridad y ofrecer un lugar de pertenencia (entre familiares/amigos).	Vivienda (p. ej., unifamiliar; multifamiliar).	Pérdida del refugio y las pertenencias personales, desplazamiento de la población, aumento de las víctimas fatales y del malestar psíquico.	Superpoblación, incapacidad para ubicar a otros y comunicarse con ellos, aumento de los disturbios y crímenes, pérdida de las fuerzas laborales.
Economía	Su objetivo es preparar materiales para el transporte, almacenar materiales y productos, albergar equipos y máquinas, diseñar y desarrollar bienes (edificios y productos fabricados), procesar materias primas, indicar lugar de producción, punto de venta, ubicaciones para el empleo, comercio e intercambio, recreación.	Instalación de procesamiento, depósito, oficina comercial, planta de procesamiento, instalación de fabricación, almacenamiento, bienes (edificios y productos fabricados) para la venta, comercios, centros comerciales, restaurantes, bancos, hoteles, escuelas y universidades, hospitales e instalaciones médicas, estadios y escenarios, salones y peluquerías, cibercafé, tiendas en línea, estaciones de servicio, aeropuertos, casas y apartamentos.	Pérdida de las ganancias, el empleo, los materiales disponibles, los bienes y servicios para la venta, los ingresos, los medios de producción.	Pérdida de los impuestos y de la cuota de mercado, aumentos de los precios, escasez, disminución del gasto, mayor demanda de sustitutos, reducción de la demanda de complementos, incremento de la demanda de prestaciones de desempleo, mejora del suministro de mano de obra en industrias similares, pérdida de los residentes.
Gobierno	Tiene como objetivo proporcionar espacio de trabajo y reunión para los líderes y el personal, prestar servicios como depósito de documentos, proteger los sistemas de comunicación, albergar la seguridad pública y las capacidades de respuesta ante emergencias (personas, equipos, vehículos), proporcionar espacios públicos de recreación.	Oficinas, comisarías, estaciones de bomberos y Servicios Médicos de Urgencia (EMS, por sus siglas en inglés), Centros de Operaciones de Emergencias (EOC, por sus siglas en inglés), instalaciones militares, cárceles y prisiones, cámaras de gobiernos, tribunales y juzgados, bibliotecas y archivos.	Disminución de la respuesta ante emergencia, interrupción de la continuidad del gobierno, pérdida de los materiales archivados.	Aumento de las víctimas fatales y los daños económicos, mayor oportunidad para promover el desorden social y el crimen, incapacidad para responder a los problemas y necesidades emergentes, pérdida de los residentes.
Salud	Su objetivo es proporcionar lugares para recibir cuidado de emergencia, abordar necesidades de salud de corto y largo plazo (físicas y mentales), almacenar registros médicos, equipos y medicamentos.	Hospitales, clínicas, agencias de salud mental, centros de atención urgente, toxicológicos, de diálisis y de rehabilitación, hospicios, instalaciones de vivienda asistida, hogar de ancianos, farmacias, residencias y viviendas (p. ej., cuidado médico domiciliario).	Disminución de la capacidad de tratamiento, aumento de las víctimas fatales y del malestar psíquico.	Aumento de las tasas de víctimas fatales a largo plazo y de la transmisión de enfermedades, pérdida de residentes.
Educación	Su objetivo es proporcionar lugares para aprender, interactuar, conectar, almacenar equipos y libros.	Escuelas, universidades (ciudades universitarias y residencias), oficinas educativas, museos, bibliotecas.	Pérdida de refugio, desplazamiento de la población estudiantil.	Disminución de la productividad económica, reducción de salarios, pérdida de residentes.
Organización de servicio a la comunidad	Tiene como objetivo proporcionar lugares que satisfagan las necesidades básicas (en algunos casos, refugio y sustento), ubicaciones donde pueden interactuar las personas.	Viviendas y provisión de sustento, oficinas.	Pérdida de alimento, agua, refugio para las poblaciones en situación de riesgo, aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo y del crimen, pérdida de residentes y voluntarios.
Organización religiosa	Su objetivo es proporcionar lugares de culto, interacción social, educación, guardería y otros servicios básicos, además de lugares para albergar y proteger los documentos y objetos religiosos y culturales (<i>los propios edificios pueden considerarse sagrados o tener un significado simbólico</i>).	Iglesias, sinagogas, otros lugares de culto y encuentro.	Pérdida del refugio y del valor cultural, aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Medios de comunicación	Tiene como objetivo proporcionar lugares para recopilar y difundir noticias e información, proteger todos las tecnologías y los equipos de los medios de comunicación.	Estaciones de noticias, radiodifusión, televisión y radio, editoriales de periódicos y revistas, sedes centrales de las editoriales, oficinas, almacenamiento de equipos y computadoras.	Pérdida de la información y de la difusión de la información.	Aumento de la incertidumbre y de la exposición a las amenazas.

Tabla 10-5: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de transporte

	Propósitos del transporte en cada institución social	Cómo se actualiza en el entorno construido	Impactos posibles si se dañan los sistemas de transporte	
			Directos	Indirectos
Familia	Su objetivo es permitir el acceso a la vivienda y desde esta, es decir, hacia y desde ubicaciones de empleo, eventos sociales, compras y otras ubicaciones importantes para la familia.	Carreteras y puentes, aeropuertos, ferrocarriles y estaciones ferroviarias, puertos marítimos, oleoductos, túneles, subtes, transporte público.	Desplazamiento de la población (falta de acceso), incapacidad para conectarse físicamente con otras personas.	Demanda de alternativas de refugio a corto plazo y en las cercanías.
Economía	Tiene como objetivo distribuir bienes para su procesamiento, bienes intermedios y finales y productos para la venta, así como también obtener mano de obra y capital, reunir a los vendedores (proveedores) y consumidores, transportar productos, garantizar la ida al trabajo y la vuelta del trabajo.		Perturbaciones en la cadena de suministro, pérdida de empleos, consumidores incapaces de obtener bienes de supervivencia.	Pérdida de los impuestos, disminución de la demanda de complementos, aumento de la demanda de sustitutos, reducción de gastos, mayor demanda de beneficios de desempleo, mejora del suministro de la mano de obra en industrias similares. Pérdida de la cuota de mercado.
Gobierno	Su objetivo es proporcionar acceso a los servicios y facilitar la entrega de estos (incluida la respuesta ante emergencias, las patrullas y la vigilancia), además de brindar acceso físico a los legisladores y a los organismos encargados de la elaboración de leyes, así como también a los locales legales y transportar productos.		Disminución de la respuesta ante emergencia, interrupción de la continuidad del gobierno.	Aumento de las víctimas fatales y los daños económicos, mayor oportunidad para promover el desorden social y el crimen, Falta de personal; incapacidad para responder a los problemas y a las necesidades emergentes.
Salud	Tiene como objetivo proporcionar acceso a los servicios de salud para pacientes, personal, entrega de equipos, materiales y suministros.		Mayor duración de viajes para el cuidado o la entrega de suministros, aumento de las víctimas fatales, de la cantidad de pacientes agudos y de malestar psíquico.	Escasez de equipos y suministros, falta de personal, sobrecarga del sistema de cuidado de la salud.
Educación	Su objetivo es proporcionar acceso de los alumnos y padres a los servicios educativos, así como también a los maestros.		Desplazamiento de la población estudiantil (falta de acceso).	Aumento de la dependencia del aprendizaje a distancia.
Organización de servicio a la comunidad	Tiene como objetivo proporcionar acceso hacia los servicios de las CSO para los clientes, el personal y los voluntarios y desde estos, además de transportar productos.		Incapacidad de la población en situación de riesgo para obtener alimentos, agua y refugio, aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Organización religiosa	Su objetivo es proporcionar acceso a los servicios religiosos y culturales para los líderes, el personal, la congregación y los miembros de la comunidad.		Aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Medios de comunicación	Tiene como objetivo proporcionar acceso a los servicios de los medios de comunicación, también a sitios de noticias.		Incapacidad de obtener información.	Difusión de información errónea.

Tabla 10-6: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de energía

	Propósitos de la energía en cada institución social	Cómo se actualiza en el entorno construido	Impactos posibles si se dañan los sistemas de energía	
			Directos	Indirectos
Familia	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, uso de electrodomésticos, equipos, carga de aparatos electrónicos, combustible para los vehículos.	Instalaciones de generación, redes, subestaciones, líneas, tuberías de suministro, distribución y recolección, estaciones de bombeo, válvulas.	Desplazamiento de la población, aumento de la dificultad para mantener la seguridad de los alimentos, el agua y los refugios, capacidad de comunicación limitada.	Mayor riesgo de exposición de desplazamiento o búsqueda de personas a las que no se puede contactar, incremento del riesgo de incendio y reducción de la calidad del aire interior debido al uso de fuentes alternativas de iluminación y calefacción.
Economía	Capacidad para hacer funcionar las máquinas, iluminación, energía para dispositivos de punto de venta, calefacción y aire acondicionado, energía para puntos que no son de venta, área de servicio, combustible para los vehículos.		Perturbaciones en la cadena de suministro, pérdida de empleos, reducción de la disponibilidad para distribuir productos de supervivencia, disminución de la seguridad.	Pérdida de los impuestos, aumento de los residuos, disminución de los gastos.
Gobierno	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, combustible para los vehículos.		Mayor dependencia del suministro de energía temporal, reducción de la efectividad ante respuestas.	Mayor riesgo de seguridad para los funcionarios públicos.
Salud	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, energía para utilizar la tecnología, los equipos, los electrodomésticos (p. ej., sistemas de apoyo vital), combustible para los vehículos.		Mayor dependencia del suministro de energía temporal, aumento de las víctimas fatales.	Aumento de los costos, problemas de fiabilidad.
Educación	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, energía para utilizar la tecnología y los equipos (p. ej., computadoras, electrodomésticos).		Desplazamiento de la población estudiantil, capacidad de comunicación limitada, lo que incluye el aprendizaje a distancia.	Disminución de la productividad económica, reducción de salarios.
Organización de servicio a la comunidad	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, energía para utilizar la tecnología y los equipos.		Incapacidad de la población en situación de riesgo para obtener alimentos, agua y refugio, aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Organización religiosa	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, energía para utilizar la tecnología y los equipos.		Aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Medios de comunicación	Iluminación, calefacción, aire acondicionado, posibilidad de utilizar equipos de radiodifusión y medios de comunicación, combustible para los vehículos.		Mayor dependencia del suministro de energía temporal.	Difusión de información errónea.

Tabla 10-7: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de comunicación

	Propósitos de la comunicación en cada institución social	Cómo se actualiza en el entorno construido	Impactos posibles si se dañan las comunicaciones	
			Directos	Indirectos
Familia	Tiene como objetivo desarrollar y fortalecer los vínculos con las familias y los amigos, promueve un sentido de pertenencia.	Teléfonos (fijos y celulares), computadoras, Internet, televisión y radio, 9-1-1. (Puntos críticos [oficinas centrales, puntos de intercambio de Internet, centros de conmutación de servicios móviles] y distribución [es decir, la última milla]).	Aumento del malestar psíquico, pérdida de conocimiento de la situación sobre el estado de la familia.	Mayor riesgo de exposición al buscar a aquellas personas que no pueden comunicarse.
Economía	Su objetivo es adquirir señales del mercado, apoyar las actividades de producción y seguridad, hacer publicidad, contratar a nuevos empleados, transmitir y recibir transacciones financieras, ofrecer y entregar servicios, obtener información sobre los bienes y servicios disponibles, procesar pagos.		Perturbaciones en la cadena de suministro, pérdida de empleos, clientes y continuidad comercial, escasez de alimento, agua y refugio, incapacidad para acceder a los recursos financieros para adquirir bienes.	Gran ajuste de precios debido a una oferta excesiva o insuficiente de bienes y servicios (a causa de señales de mercado incorrectas) y disminución de gastos.
Gobierno	Tiene como objetivo transmitir la información, incluida la transmisión de mensajes de emergencia, proporcionar acceso público a los empleados, programas y mensajes del gobierno, etc.	Teléfonos, computadoras, Internet, televisión y radio, centros de llamadas 9-1-1, Reverse 9-1-1, medios de comunicación sociales, sistemas comunitarios de alerta y advertencia. (Puntos críticos [oficinas centrales, puntos de intercambio de Internet, centros de conmutación de servicios móviles] y distribución [es decir, la última milla]).	Disminución de la respuesta ante emergencias, aumento de las víctimas fatales y los daños económicos, interrupción de la continuidad del gobierno, mayor oportunidad para promover el desorden social y el crimen.	Disminución de la confianza del gobierno, aumento de la apatía de los votantes.
Salud	Su objetivo es transferir información entre el personal de salud, dar acceso a la información y a los recursos (p. ej., registros médicos), facilitar y fortalecer los vínculos entre los pacientes, el personal, las familias y los amigos.	Teléfonos, computadoras, Internet, televisión y radio. (Puntos críticos [oficinas centrales, puntos de intercambio de Internet, centros de conmutación de servicios móviles] y distribución [es decir, la última milla]).	Aumento de la incapacidad para acceder a los registros de los pacientes, incapacidad para preparar la afluencia de los pacientes.	Aumento de las víctimas fatales debido a un autotratamiento incorrecto.
Educación	Su objetivo es transferir información entre los educadores y el personal, dar acceso a la información y a los recursos (p. ej., en Internet), facilitar y fortalecer los vínculos entre los estudiantes, el personal y las familias.		Uso limitado de aprendizaje a larga distancia, pérdida de conocimiento de la situación sobre el estado de los estudiantes y niños.	Disminución de la productividad económica, reducción de salarios.
Organización de servicio a la comunidad	Facilitar y fortalecer los vínculos entre los clientes, el personal, los voluntarios con las CSO y entre ellas.		Aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Organización religiosa	Facilitar y fortalecer los vínculos entre los líderes, el personal, la congregación, miembros comunitarios y otras personas fuera de la organización.		Aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Medios de comunicación	Facilitar y fortalecer los vínculos entre el personal, dar acceso a la información y a los recursos (p. ej., en Internet), difundir la información.		Capacidad limitada para obtener y difundir información.	Difusión de información errónea; mala toma de decisiones.

Tabla 10-8: Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de agua y aguas residuales

	Propósitos del agua y las aguas residuales en cada institución social	Cómo se actualiza en el entorno construido	Impactos posible si se dañan los sistemas de agua y aguas residuales.	
			Directos	Indirectos
Familia	Bebida, refrigeración, limpieza (baño, lavandería, lavado), eliminación de residuos, protección contra incendios, irrigación, drenaje.	Tuberías de suministro, distribución y recolección, estaciones de bombeo, válvulas, bocas de incendio, instalaciones de tratamiento, almacenamiento de agua terminado.	Mayor riesgo de salud, desplazamiento de la población, condiciones insalubres, mayor probabilidad de brotes de enfermedades, pérdida de la confianza pública.	Pérdida de los vecindarios, la fuerza laboral y el capital social.
Economía	Procesamiento, fabricación, producción, protección contra el fuego, bebida, refrigeración, limpieza (baño, lavandería, lavado), eliminación de residuos, protección contra incendios, irrigación, drenaje, recreación.		Perturbaciones de la cadena de suministro, Perturbación de la fuerza laboral y la producción, reducción de la función de las instalaciones.	Aumento de la degradación del medio ambiente, reducción de la productividad debido a la perturbación de la fuerza laboral, disminución de los gastos.
Gobierno	Bebida, refrigeración, limpieza (baño, lavandería, lavado), eliminación de residuos, protección contra incendios, irrigación, drenaje, recreación.		Disminución de la respuesta ante emergencias, aumento de las víctimas fatales, los daños económicos, el riesgo al fuego, interrupción de la continuidad del gobierno y pérdida de la confianza pública.	Disminución de la capacidad de extinción de incendios, incapacidad para responder a problemas y necesidades emergentes.
Salud	Bebida, refrigeración, limpieza (baño, lavandería, lavado), eliminación de residuos, protección contra incendios, irrigación, drenaje, capacidad para usar equipos y procesos médicos específicos que requieren agua (p. ej., diálisis, lavandería).		Condiciones insalubres, mayor probabilidad de brotes de enfermedades, pérdida de la funcionalidad de las instalaciones médicas, desplazamiento de pacientes.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Educación	Bebida, refrigeración, limpieza (baño, lavandería, lavado), eliminación de residuos, protección contra incendios, irrigación, drenaje, recreación.		Desplazamiento de la población estudiantil, condiciones insalubres.	Aumento de la dependencia del aprendizaje a distancia.
Organización de servicio a la comunidad			Incapacidad de la población en situación de riesgo para obtener alimentos, agua y refugio, aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Organización religiosa			Aumento del malestar psíquico.	Aumento de la población en situación de riesgo.
Medios de comunicación			Capacidad limitada para obtener y difundir información.	Difusión de información errónea y pérdida de la confianza pública.

12.7.2. Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de transporte.

Los sistemas de transporte incluyen carreteras y puentes, aeropuertos, ferrocarriles y estaciones ferroviarias, puertos marítimos, oleoductos, túneles, subtes y otros sistemas de transporte público. Los sistemas de transporte proporcionan acceso a los edificios que se analizaron en la Tabla 10-4, así como permiten otras actividades vitales, incluida la distribución de materias primas y bienes intermedios a los productores y bienes finales a los consumidores. Por ejemplo, las carreteras y los puentes apoyan el transporte de materias primas a las instalaciones de producción, de productos finales a las tiendas minoristas y, en última instancia, a los consumidores y a los trabajadores a sus lugares de trabajo. Las redes de ferrocarriles apoyan los mismos tipos de funciones. Es necesario caracterizar los activos de transporte disponibles dentro de la comunidad y las maneras en que estos apoyan las funciones de las instituciones sociales comunitarias.

La Tabla 10-5 brinda ejemplos de los propósitos de los sistemas de transporte en cada institución social y las posibles consecuencias para estas instituciones si se dañaran dichos sistemas de transporte dentro de una comunidad. En el Capítulo 13 se puede encontrar información adicional sobre los sistemas de transporte y métodos que se utilizan para crear objetivos de desempeño para estos sistemas.

12.7.3. Vínculos entre la energía y las instituciones sociales

Los sistemas de energía permiten el uso de edificios (es decir, iluminación, calefacción y aire acondicionado), así como también el funcionamiento de equipos, electrodomésticos y tecnologías vitales para las funciones de cada institución social. Por ejemplo, los hospitales dependen de la energía para que funcione la tecnología que salva vidas en las unidades de cuidados intensivos. También se utiliza la energía para que funcionen las máquinas en las plantas e instalaciones de fabricación para producir materiales y bienes para la institución económica.

La Tabla 10-6 brinda ejemplos de los propósitos de los sistemas de energía y potencia en cada institución social y las posibles consecuencias para estas instituciones si se dañaran dichos sistemas de energía dentro de una comunidad. En el Capítulo 13 se puede encontrar información adicional sobre los sistemas de energía y potencia y métodos que se utilizan para crear objetivos de desempeño para estos sistemas.

12.7.4. Vínculos entre las comunicaciones y las instituciones sociales

Los sistemas de comunicación transmiten información, lo que permite que los receptores obtengan conocimiento de la situación sobre un tema o evento específico. Por ejemplo, las instituciones de los medios de comunicación y el gobierno a menudo tienen la tarea de comunicar información al público en caso de emergencia. Con frecuencia, esta información es de carácter urgente, ya que tiene que ser difundida de manera oportuna para garantizar la seguridad.

Casi todas las instituciones sociales utilizan sistemas de comunicación para acceder o transmitir registros u otra información entre las partes pertinentes. En la institución económica, se pueden utilizar los sistemas de comunicación para obtener señales de mercado, apoyar las actividades de producción y seguridad, hacer publicidad sobre productos o servicios, transmitir y recibir transacciones financieras, ofrecer y entregar servicios, obtener información sobre los bienes y servicios disponibles y procesar pagos

Se pueden utilizar muchos tipos de tecnología para difundir o transmitir la información entre las partes. Por ejemplo, las tecnologías pueden incluir teléfonos, computadoras, televisiones, radios, sistema de llamadas de emergencia Reverse 9-1-1, medios de comunicaciones sociales y sistemas comunitarios de alerta y advertencia para emergencias (por ejemplo, sistemas de sirenas públicas). Estas tecnologías se incluyen en la Tabla 10-7.

La Tabla 10-7 brinda ejemplos de los propósitos de los sistemas de comunicación en cada institución social y los posibles impactos para estas instituciones si se dañaran estos sistemas dentro de una comunidad. En el Capítulo 15 se puede encontrar información adicional sobre las redes de comunicación y el desarrollo de los objetivos de desempeño.

12.7.5. Vínculos entre las instituciones sociales y los sistemas de agua y aguas residuales

Los sistemas de agua y aguas residuales apoyan muchas funciones en las instituciones sociales, entre las que se incluyen el uso y la operación seguros de varios tipos de edificios. Los sistemas de agua y aguas residuales permiten que las personas beban, cocinen, limpien (que incluye bañarse, lavar la ropa, lavar otros elementos), se refresquen (a través de aires acondicionados), rieguen, drenen, así como también que puedan eliminar los residuos personales. En la institución económica, y más específicamente en la producción de materias primas y bienes, también se utiliza agua para crear bienes y servicios, y los sistemas de aguas residuales son importantes para la eliminación de los residuos de producción del funcionamiento de los equipos. Además, el sistema de distribución de agua proporciona capacidades para extinguir incendios a nivel de vecindario, así como sistemas internos de extinción de incendios en edificios.

La Tabla 10-8 brinda ejemplos de los propósitos de los sistemas de agua y aguas residuales en cada institución social y los posibles impactos para estas instituciones si se dañaran estos sistemas dentro de una comunidad. En el Capítulo 15 se puede encontrar información adicional sobre las redes de agua y aguas residuales y métodos que se utilizan para crear objetivos de desempeño para estos sistemas.

12.7.6. Vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido luego de un desastre

Luego de un evento peligroso, se pueden desarrollar nuevos vínculos entre las instituciones sociales y el entorno construido o pueden cambiar los vínculos existentes durante un período de tiempo.

Es posible que cambie el uso de un edificio para apoyar las funciones críticas en la comunidad. Algunos ejemplos que se utilizaron sobre edificios incluyen escuelas, hospitales, organizaciones de servicio comunitario y templos de cultos. Otros edificios comunitarios, como bibliotecas, también podrían destinarse a oficinas gubernamentales. Además, a menudo existe la necesidad de conectarse o reconectarse con familiares y amigos luego de que se produce un evento peligroso. En estos casos, se han utilizado los edificios como puntos de reagrupamiento. En particular, los edificios de las iglesias o las escuelas tienden a emerger como lugares centrales de reunión en los días y las semanas durante las actividades de respuesta y recuperación. Sin embargo, es importante que las comunidades consideren los edificios que dan apoyo a las funciones críticas y de recuperación como un sistema de sistemas, el cual necesita recibir el apoyo de los servicios de sistemas de infraestructura.

Se necesita el sistema de transporte para acceder físicamente a edificios y lugares críticos en toda la comunidad. Los responsables de la toma de decisiones que evalúan los daños, el personal, los voluntarios y el personal clave que presta servicios esenciales, así como el público que necesita estos servicios esenciales, deben tener acceso a ellos. También se pueden utilizar los sistemas de transporte para evacuar a las personas de la zona, así como para reunir a los familiares luego de un evento.

El sistema de comunicación permite que exista comunicación entre las agencias de emergencia y el público antes, durante y después de un evento peligroso para difundir información sobre respuesta y recuperación. Los sistemas de comunicación brindan apoyo a la generación de información sobre la situación, para que las familias y los amigos se enteren del estado de la seguridad de sus seres queridos y su ubicación. Con muchas instituciones sociales, especialmente aquellas que deben funcionar inmediatamente luego de que se produce un evento, p. ej., salud y gobierno, es fundamental que los

responsables de la toma de decisiones tengan llegada a su personal, a los voluntarios, a los proveedores de servicios de emergencia y a aquellos a los que prestan servicios.

La mayoría de los ejemplos que se analizan en esta sección se producen durante períodos de corto o medio plazo de la duración de la recuperación. A medida que se reconstruye y recupera la comunidad, y nuevamente comienza a funcionar, la dependencia de los sistemas sociales del entorno construido vuelve a la situación cotidiana deseada.

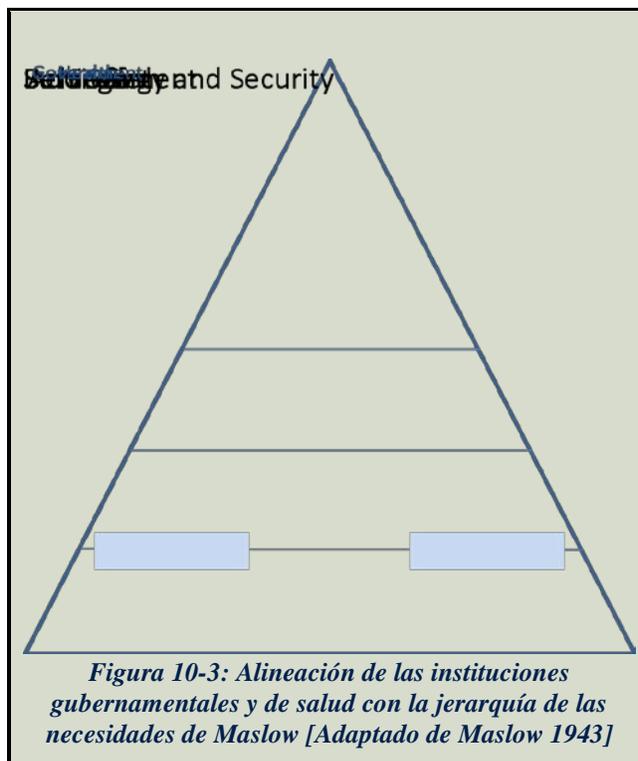
12.8. Objetivos de desempeño comunitario según las necesidades de los miembros de la comunidad

Una vez que se han caracterizado las dimensiones sociales de la comunidad y el entorno construido y se han identificado los vínculos entre ambos, las comunidades pueden ver las consecuencias del daño o la degradación del entorno construido sobre el entorno social. En las últimas dos columnas de la Tabla 10-4 a la Tabla 10-8 se proporcionan ejemplos de las consecuencias.

La caracterización de los entornos construido y social proporcionan una base informada sobre la cual establecer objetivos comunitarios a largo plazo para la resiliencia, el tercer paso de la metodología de la Guía de seis pasos. Esta sección brinda ejemplos de los objetivos de desempeño comunitarios a largo plazo para las instituciones sociales. Estos objetivos pueden ayudar a las comunidades a priorizar las inversiones de resiliencia en sus edificios y sistemas de infraestructura.

Algunos ejemplos de los objetivos de desempeño comunitario para las instituciones sociales que satisfacen necesidades urgentes e inmediatas de los miembros de la comunidad son los siguientes:

- **Objetivo 1:** fortalecer la capacidad para que el gobierno pueda funcionar de forma continua luego de un evento.
- **Objetivo 2:** fortalecer la capacidad para que el sistema de cuidado de salud crítico pueda funcionar de forma continua antes y luego de un evento.



Las funciones específicas del gobierno (p. ej., policía, bomberos, atención médica y de emergencias), así como las funciones de cuidado de salud críticas (p. ej., cuidado de salud intensivo, subagudo, crónico y mental), entre otras instituciones (p. ej., las CSO), proporcionan servicios que satisfacen las necesidades de supervivencia y de seguridad y protección urgente de los miembros de la comunidad, tal como se muestra en la Figura 10-3. Por lo tanto, puede que sea un objetivo importante para las comunidades reforzar los edificios y los sistemas de infraestructura que apoyan el funcionamiento continuo de las instituciones gubernamentales y de salud antes y luego de que se produce un evento peligroso.

Es posible que las comunidades también deseen desarrollar objetivos comunitarios a largo plazo que satisfagan las necesidades de protección y seguridad de sus miembros, es decir, empleos o trabajos, además de apoyar las necesidades a largo plazo que tiene una comunidad para crecer y prosperar económicamente. Dos ejemplos de estos son los siguientes:

- **Objetivo 3:** mejorar las tasas de empleo actual en la comunidad.
- **Objetivo 4:** atraer nuevos negocios a la comunidad.

La economía local de una comunidad brinda empleos a las personas que se encuentran dentro de esta, lo que les permite lograr la seguridad financiera que necesitan (tal como se muestra en la Figura 10-4 sobre la jerarquía de Maslow). Una economía en crecimiento no solo proporciona empleos adicionales a los miembros de la comunidad, lo que reduce la tasa de desempleo y aumenta sus cambios para la seguridad financiera, sino que también ofrece un flujo estable de impuestos en las reservas de la comunidad y les permite brindar de forma potencial servicios adicionales para las personas y las familias que viven dentro de la comunidad. Por lo tanto, posiblemente un objetivo importante para las comunidades sea reforzar los edificios y los sistemas de infraestructura que apoyan la economía luego de que se produce un evento peligroso.

Las comunidades pueden desarrollar una gran cantidad de ejemplos adicionales para la educación, los medios de comunicación, las CSO y las organizaciones religiosas o de creencias. Todas estas organizaciones satisfacen distintas necesidades de personas y familias que se encuentran en la comunidad

a lo largo del continuo de Maslow, tal como se muestra en la Figura 10-5. Dependerá de las comunidades individuales identificar los objetivos específicos a escala comunitaria para las instituciones sociales, y, a partir de estos objetivos, se comienzan a priorizar los cambios o las mejoras en los edificios o sistemas de infraestructura que los apoyan.

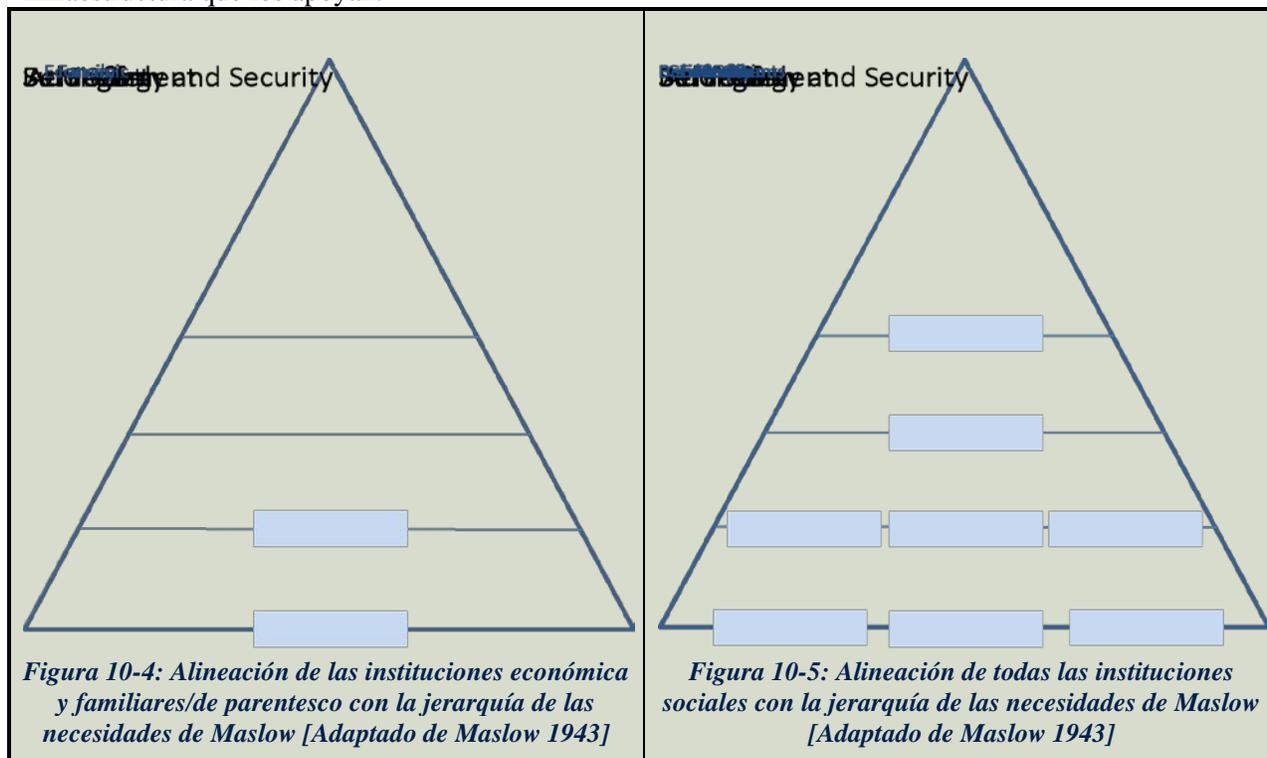


Figura 10-4: Alineación de las instituciones económica y familiares/de parentesco con la jerarquía de las necesidades de Maslow [Adaptado de Maslow 1943]

Figura 10-5: Alineación de todas las instituciones sociales con la jerarquía de las necesidades de Maslow [Adaptado de Maslow 1943]

12.9. Referencias

Aldrich, D.P. y M.A. Meyer (2014) “Social Capital and Community Resilience,” *American Behavioral Scientist*, publicado en internet el 1 de octubre de 2014.

Arup (2014) *City Resilience Framework*, la Fundación Rockefeller y Ove Arup & Partners International Limited, abril,

http://www.arup.com/~media/Publications/Files/Publications/C/City_Resilience_Framework_pdf.ashx.

Revisado el 28 de diciembre de 2014.

Association for Prevention Teaching and Research (2015) *Módulo 5: Healthcare Systems*,

<http://www.aptrweb.org/?page=module5>. Revisado el 5 de enero de 2015.

Belcher, J.C., y F.L. Bates (1983) “Aftermath of natural disasters: Coping through residential mobility,” *Disasters*, 7 de junio (2): 118-128.

Binder, Sherri Brokopp (2014) *Resilience and Postdisaster Relocation: A study of New York’s home buyout plan in the wake of Hurricane Sandy*. Informe final del subsidio de respuesta rápida: Plan de compensación de viviendas de Nueva York posterior al huracán Sandy, Universidad de Hawái en Mānoa, http://www.colorado.edu/hazards/research/qr/submitted/binder_2013.pdf.

Black, R.; D. Kniveton; R. Skeldon; D. Coppard; A. Murata; y K. Schmidt-Verkerk (2008) *Demographics and Climate Change: Future Trends and their Policy Implications for Migration*, Development Research Centre on Migration, Globalisation and Poverty,

http://www.migrationdrc.org/publications/working_papers/WP-T27.pdf.

- Bullard, R.D. y B. Wright, ed. (2009) *Race, Place, and Environmental Justice After Hurricane Katrina: Struggles to reclaim, rebuild, and revitalize New Orleans and the Gulf Coast*. Westview Press, Boulder, CO.
- Oficina de Análisis Económicos (2013) *Personal Consumption Expenditures by Major Type of Product*, www.bea.gov.
- Oficina de Estadísticas Laborales (2015) *Current Population Survey*, www.bls.gov.
- Departamento de Servicios de Cuidado de la Salud de California (2014) *Subacute Care*, <http://www.dhcs.ca.gov/provgovpart/Pages/SubacuteCare.aspx>. Revisado el 5 de enero de 2015.
- Cassens Weiss, D. (2008) “Cedar Rapids Law Firm Opens Offices in Nearby Middle School,” *ABA Journal*, <http://www.abajournal.com/news/article/cedar-rapids-law-firm-opens-offices-in-nearby-middle-school>. Revisado el 10 de enero de 2015.
- Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés, año 2014) “The Public Health System and the 10 Essential Public Health Services,” *National Public Health Performance Standards (NPHPS)*, Atlanta, GA, <http://www.cdc.gov/nphsp/essentialServices.html>. Revisado el 26 de febrero de 2015.
- Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional, Equipo de Resiliencia Comunitaria (CARRI 2013) *Building Resilience in America’s Communities: Observations and Implications of the CRS Pilots*, Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional (CARRI), Washington, DC, <http://www.resilientus.org/wp-content/uploads/2013/05/CRS-Final-Report.pdf>.
- Cutter, S.L.; K.D. Ash; C.T. Emrich (2014) “The geographies of community disaster resilience,” *Global Environmental Change*, Volumen 29, Páginas 65 a 77.
- Dickinson, Simon Bernard (2013) *Post-Disaster Mobilities: Exploring household relocation after the Canterbury Earthquakes*, M.S. Tesis, Departamento de Geografía, Universidad de Canterbury, Christchurch, NZ.
- División de Servicios de Salud, Instituto de Medicina(1998) *Measuring the Quality of Health Care*, Molla S. Donaldson ed., National Academy Press, Washington, DC.
- Fraser, J. C.; M.W. Doyle; y H. Young (2006) *Creating Effective Flood Mitigation Policies*, *Eos*, 87(27): 265–270.
- Gilbert, Stanley W (2010) *Disaster Resilience: A Guide to the Literature*, Publicación Especial 1117 del Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST), 13 de octubre.
- Gray, C.; E. Frankenberg; T. Gillespie; C. Sumantri; y D. Thomas (2009) *Population Displacement and Mobility in Sumatra after the Tsunami*, Agosto, <http://iussp2009.princeton.edu/papers/90318>.
- Groen, J.A. y A.E. Polivka (2010) “Going Home after Hurricane Katrina: Determinants of Return Migration and Changes in Affected Areas,” *Demography*, 47(4):821-844.
- Hogue, Carma (2013) *Government Organization Summary Report: 2012*, Oficina del Censo de los Estados Unidos, http://www2.census.gov/govs/cog/g12_org.pdf. Visitado el 15 de enero de 2015.
- Holistic Disaster Recovery (2006) *Holistic Disaster Recovery: Ideas for Building Local Sustainability After a Natural Disaster (2006)*, Centro de Amenazas Naturales, Universidad de Colorado en Boulder, Boulder, CO, <http://www.colorado.edu/hazards/publications/holistic/holistic2006.html>.
- Hunter, L.M. (2005) “Migration and Environmental Hazards,” *Population and environment*, 26(4): 273–302. doi:10.1007/s11111-005-3343-x.

- Johns Hopkins Medicine (2015) *Tertiary Care Definition*, http://www.hopkinsmedicine.org/patient_care/pay_bill/insurance_footnotes.html. Revisado el 5 de enero de 2015.
- Lieberson, Alan D. (2004) "How Long Can a Person Survive without Food?" *Scientific American*, 8 de noviembre, <http://www.scientificamerican.com/article/how-long-can-a-person-sur/>. Visitado el 1 de octubre de 2014.
- Maslow, A.H. (1943) "A Theory of Human Motivation," *Psychological Review*, 50 (4) 370–96.
- Max-Neef, M.A.; A. Elizalde; y M. Hopenhayn (1991) *Human Scale Development: Conception, Application and Further Reflections*, The Apex Press, Nueva York y Londres, http://www.area-net.org/fileadmin/user_upload/papers/Max-neef_Human_Scale_development.pdf.
- MedicineNet.com (2015) *Definition of Primary Care*, <http://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=5042>. Revisado el 5 de enero de 2015.
- Nam, C.B (2004) "The Concept of The Family: Demographic and Genealogical Perspectives," *Sociation Today*, 2(2), <http://www.ncsociology.org/sociationtoday/v22/family.htm>.
- PBWorks (2007) *CBOs – Introduction*, public wiki, <http://eder671nonprofit.pbworks.com/w/page/18541471/CBOs%20-%20Introduction>. Recuperado el 7 de abril de 2015.
- Peterson, D. (2015) "What is Adult Education?" *About Education*, <http://adulthood.about.com/od/whatisadultlearning/p/whatisadulthoodeducation.htm>. Revisado el 7 de enero de 2015.
- Phillips, Brenda (2009) *Disaster Recovery*, Boca Raton, FL: Taylor and Francis CRC Press.
- Phillips, Brenda; Deborah S.K. Thomas; Alice Fothergill; Lynn Blinn-Pike (2009) *Social Vulnerability to Disasters*, Boca Raton, FL: Taylor and Francis CRC Press.
- Putnam, Robert D (2000) *Bowling Alone: The collapse and revival of American community*, Simon & Schuster, New York, NY.
- Ritchie, L.A. y D.A. Gill (2007) "Social Capital Theory as an Integrating Theoretical Framework in Technological Disaster Research," *Sociological Spectrum*, 27:103-129.
- Ritchie, L.A.; K. Tierney; D. Austin; M. Beres; C. Bevc; B. Gilbert; y J. Sutton (2008) *Disaster Preparedness Among Community-Based Organizations in the City and County of San Francisco*, Boulder, CO: Universidad del Colorado, Instituto de Ciencias del Comportamiento, Centro de Amenazas Naturales.
- Sanders, S.; S. Bowie; y Y.D. Bowie (2003) "Lessons learned on forced relocation of older adults: The impact of Hurricane Andrew on health, mental health, and social support of public housing residents," *Journal of Gerontological Social Work*, 40(4), pp. 23-35
- Schuller, T.; S. Baron; y J. Field (2000) "Social Capital: A Review and Critique." *Social Capital: Critical Perspectives*, editado por Stephen Baron, John Field, y Tom Schuller, Oxford: Oxford University Press, pp. 1-38.
- Shi, Leiyu y Douglas A. Singh (2008) *Delivering Health Care in America: A systems approach*, Jones & Bartlett Publishers, Inc. Sudbury, MA.
- Sociology Central (2011) *Defining the Mass Media*, http://www.sociology.org.uk/media_defined.pdf. Revisado el 8 de enero de 2015.
- Instituto de Medicina (2015) *Healthy, Resilient, and Sustainable Communities After Disasters: Strategies, opportunities, and planning for recovery*, National Academies Press, Washington, DC.

- The National Academies (2006) *Facing Hazards and Disasters: Understanding human dimensions*, National Academies Press, Washington, DC.
- The National Academies (2012) *Disaster Resilience: A National Imperative*, National Academies Press, Washington, DC.
- The Online Media (2012) *Functions of Mass Media*, <http://theonlinemedia.blogspot.com/2012/06/functions-of-mass-media.html>. Revisado el 9 de enero de 2015.
- Tierney, Kathleen (2014) *The Social Roots of Risk: Producing Disasters, Promoting Resilience*, Stanford University Press, Stanford, CA.
- Timmer, Marcel P. ed. (2012), *The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods*, WIOD Working Paper Number 10, <http://www.wiod.org/publications/papers/wiod10.pdf>.
- Oficina del Censo de los Estados Unidos (2015) *Oficina del Censo de los Estados Unidos*, Departamento de Comercio de los Estados Unidos, Washington, DC, <http://www.census.gov/>.
- Departamento de Educación de los Estados Unidos (2004) *Building the Legacy: IDEA 2004*, <http://idea.ed.gov/explore/view/p/root.regs.300.A.300%252E39>. Revisado el 8 de enero de 2015.
- Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS, por sus siglas en inglés, año 1999) *Mental Health: A Report of the Surgeon General*. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS); Administración de Servicios de Salud Mental y Abuso de Sustancias, Centro de Servicios de Salud Mental, Institutos Nacionales de Salud, Instituto Nacional de Salud Mental, Rockville, MD, <http://profiles.nlm.nih.gov/ps/access/NNBBHS.pdf>.
- Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS 2015) *Preventive Care*, Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS), <http://www.hhs.gov/healthcare/about-the-law/preventive-care/index.html>. Revisado el 5 de enero de 2015.
- Universidad de Carolina del Sur (2013) *Social Vulnerability Index for the United States 2006-10*, Instituto de Investigación de Peligros y Vulnerabilidades, Universidad de Carolina del Sur, <http://webra.cas.sc.edu/hvri/products/sovi.aspx>.
- Wang, Yumei (2014) *Hospital and Water System Earthquake Risk Evaluation: Report to the Oregon Health Authority*, Departamento de Geología e Industrias Minerales de Oregón.
- Witt, Jon (2013) *SOC*, 3.^a edición, Nueva York: McGraw Hill.
- Organización Mundial de la Salud (1948) *Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no (2), p. 100) and entered into force on 7 April 1948*, Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Organización Mundial de la Salud (2007) “Everybody’s Business: Strengthening Health Systems to Improve Health Outcomes,” *WHO’s Framework for Action*, http://www.who.int/healthsystems/strategy/everybodys_business.pdf. Revisado el 15 de diciembre de 2014.
- World Input-Output Database, http://www.wiod.org/new_site/database/wiots.htm.

13. Dependencias y efecto dominó

14. Resumen ejecutivo de las dependencias

Un plan de resiliencia comunitaria requiere una comprensión de las dependencias de los edificios y sistemas de infraestructura y los potenciales efectos dominó. Se proporciona un resumen breve de las posibles dependencias entre los sistemas sociales y los edificios y sistemas de infraestructura para que se tengan en cuenta al momento de establecer objetivos de desempeño para los momentos de respuesta y recuperación de la comunidad. También se presentan las herramientas disponibles para identificar las dependencias, predecir el impacto y mitigar o administrar las dependencias. En la Guía se utiliza el término “dependencia” para indicar las dependencias unidireccionales. El término “interdependencia” puede hacer referencia a las dependencias unidireccionales, recíprocas o de varios niveles.

Las fallas dominó se producen cuando una falla desencadena las de otros componentes o sistemas. Se pueden producir dentro de un sistema o entre sistemas cuando la falla de uno de ellos desencadena las de otros sistemas. Es preciso comprender la dependencia entre los sistemas de infraestructura para restaurar los servicios de infraestructura en una secuencia adecuada y para evitar los retrasos dominó en la restauración de los servicios críticos.

Con el fin de determinar el desempeño necesario para los grupos de entornos construidos y para proteger a las comunidades ante un deterioro importante e irreversible, estas deben llevar a cabo un proceso rápido y organizado para administrar la recuperación. La secuencia de recuperación debe abordar la cantidad deseada de edificios en cada grupo designado y los sistemas de infraestructura que los apoyan. El rendimiento de cada grupo no solo depende de su función principal, sino también de las dependencias entre los grupos y los sistemas de infraestructura que los apoyan.

Este capítulo presenta varias dimensiones de dependencia: interna y externa, temporal, espacial y de origen. Debido a la naturaleza compleja de las interacciones de los sistemas de infraestructura, no se deben desvincular estas dimensiones de dependencia.

Como parte del proceso de planificación, se deben incentivar a las partes interesadas privadas y sin fines de lucro, como los servicios públicos, los negocios y las organizaciones, para que desarrollen sus propios planes de emergencia y continuidad de operaciones que incluyen la identificación de las dependencias y los impactos de esas dependencias en sus operaciones.

Con conocimiento de las dependencias, las partes interesadas pueden tener un debate informado sobre el desempeño previsto de los edificios y los sistemas de infraestructura para los peligros comunitarios que prevalecen y los momentos deseados de restauración de los servicios, así como los objetivos de resiliencia a corto y largo plazo. Es importante que se incluyan a las partes interesadas en estos debates, por ejemplo: funcionarios electos, administradores de emergencia, grupos de primera respuesta, proveedores de servicio, líderes comerciales, organizaciones cívicas, organizaciones de servicios comunitarios, etc.

Es posible que una comunidad utilice mapas con una superposición de sistemas de información geográfica (SIG) de los sistemas de infraestructura y los datos sobre peligros para coordinar las dependencias potenciales temporales y espaciales de dichos sistemas. Esa evaluación puede ser basada en una situación hipotética de las dependencias de los sistemas de infraestructura o una jerarquización optimizada de la recuperación de la función de la infraestructura.

14.1. Introducción

Se necesita un proceso rápido y organizado para poder administrar la recuperación de los grupos designados y los sistemas de infraestructura. El desempeño de cada grupo y la función principal pueden

verse afectados por las dependencias entre los grupos. Tener en cuenta las dependencias puede evitar que se produzcan posibles fallas dominó de varios sistemas.

Las fallas dominó pueden ocurrir dentro de un sistema, como una red eléctrica, cuando se produce una falla en un componente, lo que causa una sobrecarga y la subsiguiente falla de otros componentes. También pueden presentarse entre sistemas, como cuando la pérdida de energía causa una falla en el sistema de telefonía celular luego de que se agota la energía de emergencia para las torres celulares.

El primer paso es identificar las dependencias y las fallas dominó potenciales. La reducción del efecto de las dependencias y las consecuencias, de ser posible, y el establecimiento de los objetivos de desempeño que tienen en cuenta el papel de los sistemas dependientes en la recuperación de la comunidad pueden lograrse mediante varios enfoques. Por ejemplo, se pueden reducir las dependencias al añadir redundancia, aumentar la capacidad e instalar vínculos débiles que aíslan de forma constructiva las partes de un sistema. Los procesos de gobernanza y las políticas públicas también juegan un papel clave en el desarrollo de planes para la mitigación, respuesta y administración de recuperación de las dependencias.

14.2. Dimensiones de dependencia

Las interacciones dentro de los sistemas de infraestructura y entre ellos dependen de una gran cantidad de factores. Generalmente, las dependencias consideran la relación física y funcional entre los diferentes sistemas (es decir, los sistemas de agua potable requieren electricidad para que funcionen las bombas). Sin embargo, esta es solo una dimensión que ilustra una interacción del sistema. Esta sección presenta varias dimensiones de dependencia que se pueden considerar en la planificación de la resiliencia comunitaria: interna y externa, temporal, espacial y de origen.

14.2.1. Dependencia interna y externa

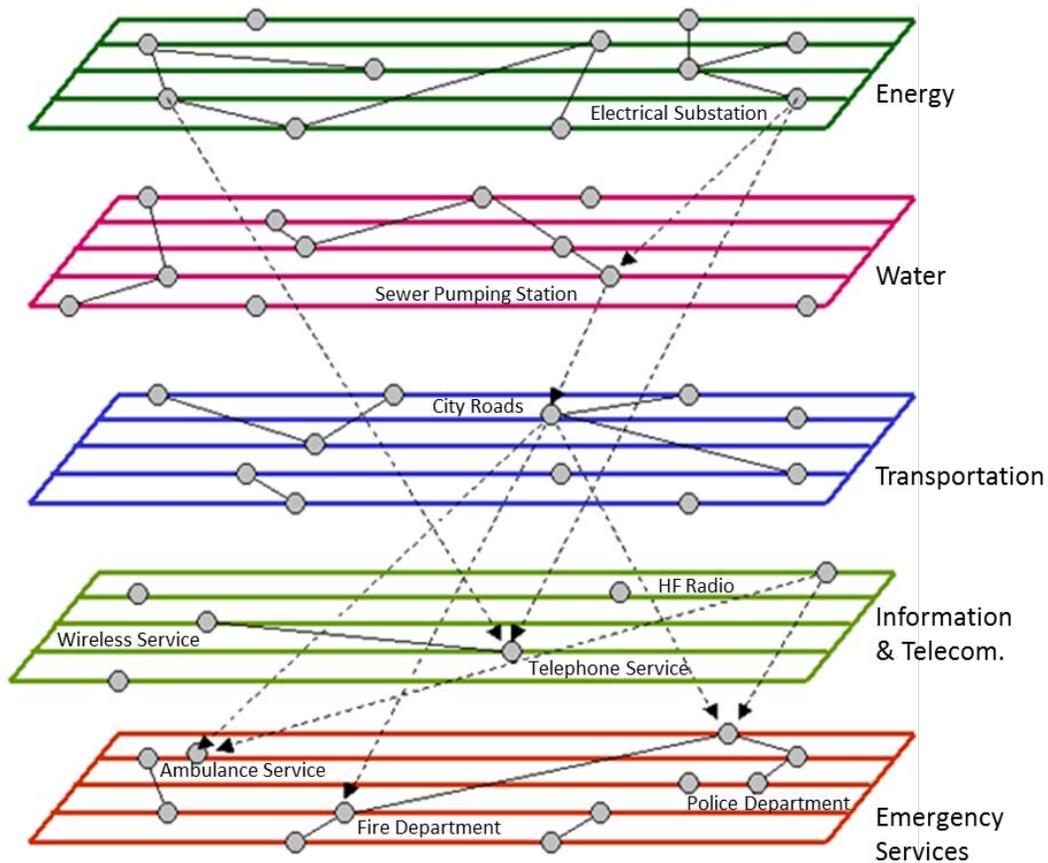
La perturbación del estado normal de operación del entorno construido revela que los sistemas de infraestructura se interconectan a través de una red de dependencias externas. Además, en un sistema dado (es decir, un proveedor individual de servicios), las operaciones dependen de una red similar de dependencias internas. La falla del único componente crítico del sistema puede derivar de fallas dominó de un sistema individual, como en el caso de la pérdida de energía eléctrica para una cantidad estimada de 50 millones de personas en el apagón del noreste de 2003 [NERC 2004]. Las dependencias externas también pueden dar lugar a fallas dominó de otros sistemas de infraestructura, como en el cierre de servicios de trenes dentro y fuera de la Ciudad de Nueva York y la pérdida de las celdas celulares luego de que se agotaran las baterías en el apagón del noreste de 2003.

Dependencia interna. Dentro de un sistema dado, algunos componentes son críticos para garantizar el éxito del funcionamiento del sistema. Una bomba es un ejemplo de un componente crítico en un sistema de agua, ya que suministra agua a una torre de agua para distribuirla a los clientes mediante alimentación por gravedad. Si se detiene la bomba, entonces los clientes en la zona de presión a la que sirve esa bomba se quedarán sin agua, a menos que el sistema tenga redundancia. Este ejemplo de la bomba representa una dependencia interna relacionada con la infraestructura de un solo servicio de agua. Además de las dependencias internas relacionadas con la infraestructura, cada sistema de infraestructura depende de una gran cantidad de otros factores, como la disponibilidad de las fuerzas laborales, para permitir el desarrollo de funcionamientos normales.

La Figura 11-1 brinda un ejemplo de dependencias internas y externas para los servicios de emergencia [Pederson et al. 2006]. Las líneas continuas que conectan los nodos en cada servicio, según lo indican los cuadros alineados, representan las dependencias internas. Las líneas discontinuas representan las dependencias externas entre los servicios de emergencia y los sistemas de infraestructura de apoyo. Por

ejemplo, la provisión de los servicios de ambulancia, bomberos y policía dependen de las telecomunicaciones y las carreteras. Identificar y comprender las dependencias internas y externas y los potenciales efectos dominó proporciona una base informada para establecer los objetivos de desempeño para la respuesta y recuperación de la comunidad.

Generalmente, los sistemas de infraestructura dependen de otros sistemas externos para seguir funcionando con éxito. La bomba de agua descrita anteriormente depende de la energía eléctrica para funcionar. Por lo tanto, depende del sistema de energía que es externo al sistema de agua. La bomba puede funcionar durante un corto período con la ayuda de un generador de emergencia, pero este dependería de la recarga de combustible durante un corte prolongado de energía. La recarga de combustible, a su vez, depende de una fuente disponible de combustible y de un sistema de transporte para suministrarlo.



Las líneas continuas que conectan los nodos en cada servicio, según lo indican los cuadros alineados, representan las dependencias internas. Las líneas discontinuas representan las dependencias externas entre los servicios de emergencia y los sistemas de infraestructura de apoyo. Por ejemplo, la provisión de los servicios de ambulancia, bomberos y policía dependen de las telecomunicaciones y las carreteras.

Figura 11-1. Ejemplo de dependencias internas y externas de infraestructura para los servicios de emergencia [Fuente: Pederson et al. 2006].

Dependencia externa. La Figura 11-2 muestra otros ejemplos de relaciones interdependientes entre los sistemas de infraestructura. Estas relaciones pueden caracterizarse por varias conexiones entre los sistemas de infraestructura. El comportamiento de un sistema de infraestructura dado puede evaluarse inicialmente de forma aislada de otros sistemas de infraestructura, pero la planificación de resiliencia necesita la comprensión del desempeño integrado de la infraestructura física. Wang [2014] llevó a cabo un estudio específico que evalúa las interdependencias de un hospital y la infraestructura de apoyo que ejemplifica este tema.

Efectos dominó. Las fallas dominó relacionadas con la dependencia interna pueden afectar la transmisión de energía, las redes informáticas y los sistemas mecánicos, estructurales y de comunicación. Las fallas dominó relacionadas con la dependencia externa pueden afectar todos los edificios y sistemas. Las Figuras 11-3 y 11-4 muestran cómo las dependencias internas y externas provocaron fallas dominó en el apagón del noreste de 2003. El apagón provocó una perturbación social y económica generalizada. Comenzó cuando se desconectó una planta generadora de electricidad y tardó menos de tres horas en propagarse a través de una zona con una población de unos 50 millones de habitantes. El apagón afectó a edificios y otros sistemas de infraestructura que dependen de la energía, entre los que se incluye el transporte, la energía, la comunicación y el agua [NERC 2004]. Las fallas en la infraestructura física también pueden tener impactos dominó en las instituciones sociales. Por ejemplo, la pérdida prolongada de servicios críticos luego de un desastre puede hacer que los pequeños negocios se reubiquen o cierren por completo.

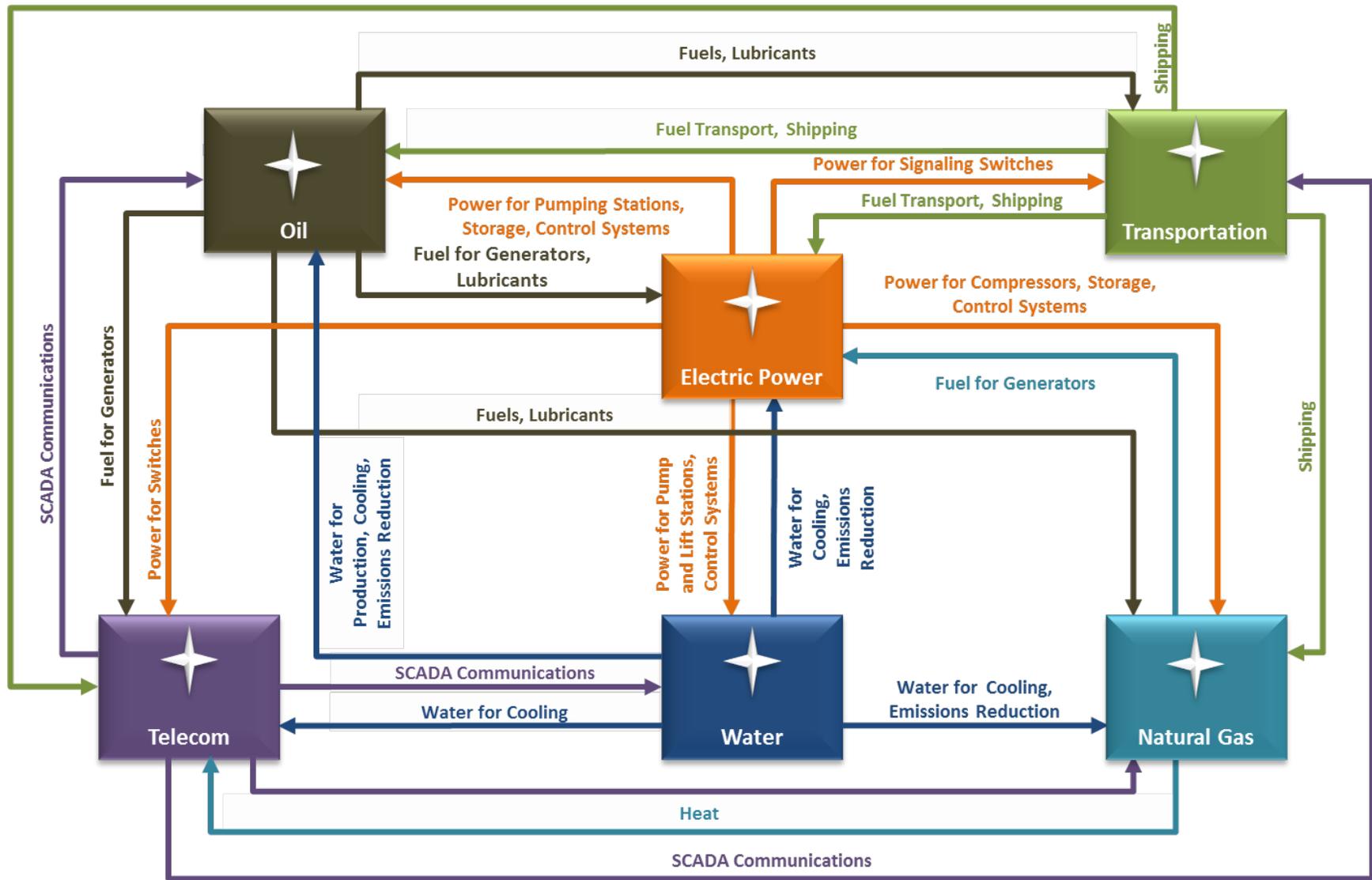


Figura 11-2. Ejemplo de relaciones de dependencia externa [Adaptado y rediseñado, Rinaldi et al 2001]

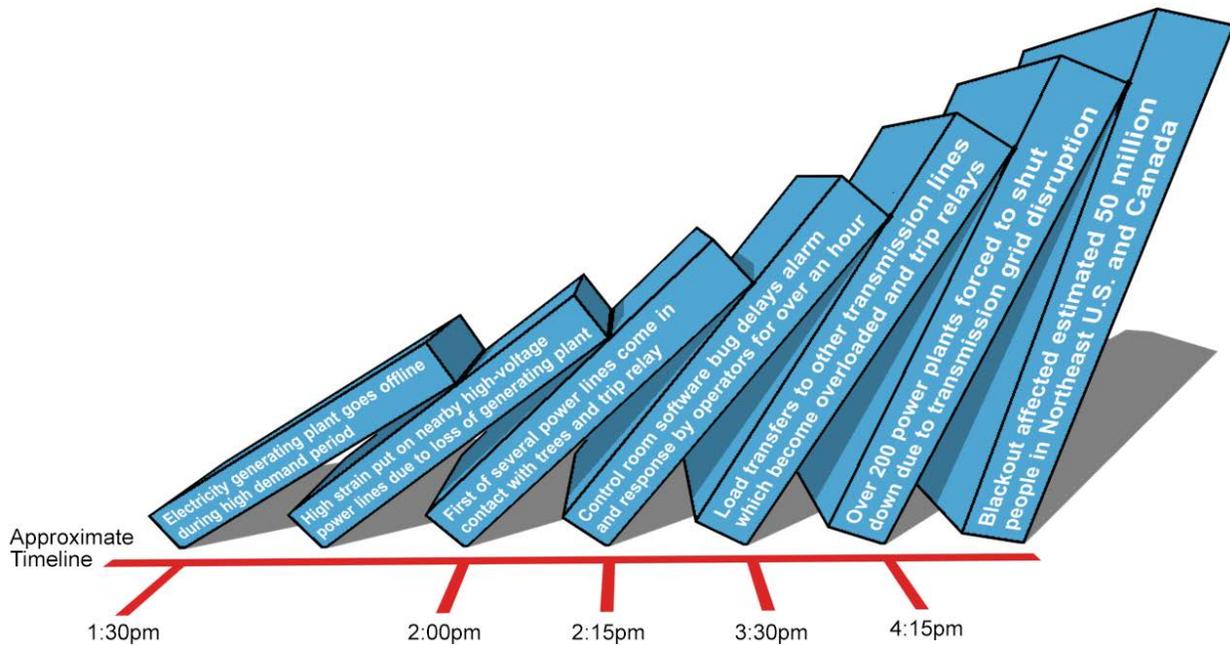


Figura 11-3: Falla dominó de la dependencia interna del sistema eléctrico en el apagón del noreste de 2003



Figura 11-4: Falla dominó de la dependencia externa en el apagón del noreste de 2003

Las dependencias externas entre varios sistemas de infraestructura que prestan servicios a otros sistemas implican que los servicios de infraestructura se deben restaurar en secuencia. Por ejemplo, se deben despejar las carreteras que llegan a los componentes del sistema eléctrico, los cuales abastecen al sistema de agua que necesita ser reparado, a fin de permitirle el acceso al personal de reparación. Dicha dependencia podría dar lugar a un importante retraso dominó en el restablecimiento de los servicios críticos. Por ejemplo, los retrasos en la restauración del combustible líquido podrían afectar la restitución de carreteras y puentes. Los retrasos en la restauración de carreteras podrían afectar el transporte de los

equipos de reparación, los aparatos y la restitución del sistema de energía eléctrica que, a su vez, podría afectar la reparación de los servicios de agua.

14.2.2. Tiempo

Etapas de recuperación. Luego de un evento peligroso, el tiempo requerido para restaurar los servicios depende de la rapidez con la que se recuperen los sistemas de infraestructura de apoyo. Los sistemas ferroviarios, como el sistema de Transporte Rápido del Área de la Bahía (BART, por sus siglas en inglés) en la zona de la bahía de San Francisco, necesitan energía eléctrica para funcionar. Sin importar cuán resiliente es el sistema de infraestructura ferroviario, la recuperación del servicio depende de la restauración de la energía eléctrica.

También podría haber dependencias operativas que afecten la capacidad de un proveedor de servicios públicos para realizar reparaciones. Generalmente, los equipos dependen de las carreteras y los puentes para acceder a los sitios de reparación, el combustible para sus camiones y equipos, los teléfonos celulares para poder comunicarse con otras personas, la disponibilidad de los suministros de reparación a través de la cadena de suministro, etc. La perturbación en cualquiera de estos sistemas o en una combinación de ellos puede aumentar los retrasos de recuperación del servicio.

La Guía organiza el plan de resiliencia comunitaria en torno a tres etapas de recuperación utilizando cuatro categorías de grupos de edificios (consulte el Capítulo 4 en el Volumen 1). La naturaleza de las cuestiones de dependencia es diferente en cada etapa. Se espera que la primera etapa, que se enfoca en la respuesta inmediata y etiquetada como “a corto plazo”, dure varios días. Esta etapa necesita instalaciones y provisiones críticas para las viviendas de emergencia. Se espera que la segunda etapa, la de recuperación a medio plazo, dure de semanas a meses. La segunda etapa puede incluir la restauración de las viviendas y los servicios del vecindario, como la venta al por menor, el cuidado de la salud y las escuelas. Se espera que la tercera etapa de recuperación a largo plazo dure de meses a años y se enfoque en la recuperación completa de la base económica y social de la comunidad.

Etapas de recuperación a corto plazo. Durante la etapa a corto plazo (días), se puede deteriorar el funcionamiento normal de los sistemas de infraestructura. Los operadores de sistemas individuales activarán sus planes de respuesta ante emergencias. Las dependencias internas (como el personal, los centros de operaciones, los datos, los suministros de reparación, etc.) y las dependencias externas clave (como el transporte) serán críticas para definir el ritmo de la respuesta inicial. Será fundamental contar con un proceso de gobernanza bien definido entre los administradores de emergencias gubernamentales y los proveedores de sistemas con el fin de coordinar las prioridades de restauración del sistema que son mejores para la comunidad, especialmente cuando la secuencia de restauración recomendada podría no ser óptima para un proveedor de sistemas individual. Un informe del Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco indicó que una de las principales prioridades de planificación y preparación para los proveedores del sistema es desarrollar la comunicación y emplear estrategias de toma de decisiones prioritarias para contribuir a la respuesta posterior al evento [Concejo de Fuentes Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco 2014].

Se entiende por instalaciones críticas, según lo definido en el Capítulo 4 (Volumen 1), a una pequeña cantidad de grupos de edificios y de sistemas de infraestructura de apoyo que deben estar en funcionamiento inmediatamente después de un evento para apoyar la respuesta de emergencia y proporcionar un entorno seguro para los grupos de respuesta ante emergencias. Durante esta primera etapa, el grado de dependencia de otros sistemas de infraestructura depende de la capacidad que tiene la instalación para funcionar con energía de emergencia, una red de comunicación independiente y, posiblemente, viviendas y subsistencia para el personal en el sitio. Es necesario establecer rutas de transporte críticas antes de que suceda el evento y hacer que ellas sean una alta prioridad con respecto a la limpieza y eliminación de escombros luego del evento. Estas rutas permiten la reposición de suministros

en el sitio, entre los que se incluyen el combustible, la agua, el alimento, los suministros médicos, etc. Los objetivos de desempeño para la recuperación deben equilibrar los suministros necesarios para funcionar de forma independiente durante un corto período de tiempo y tiempos factibles de restauración.

Por ejemplo, algunos hospitales tienen agua almacenada y pueden suministrar agua potable durante tres o cuatro días. Este suministro puede representar el 5 % del consumo total del agua. Es posible que el consumo total del agua en algunos hospitales exceda los 300 000 galones por día. Muchos hospitales no tienen capacidad de almacenamiento en el lugar para las aguas residuales y tienen una capacidad limitada de almacenamiento para los desechos médicos. Dichas limitaciones podrían afectar la funcionalidad del hospital luego de un evento peligroso. En California, la Oficina Estatal de Planificación y Desarrollo de la Salud está implementando los requisitos para proporcionar tres días de suministro operativo de agua (incluida el agua para beber, preparar alimentos, realizar esterilizaciones, abastecer a las torres de enfriamientos HVAC, etc.), almacenamiento de aguas residuales y combustible para generadores de emergencia [CBC 2013].

La sincronización de un evento peligroso puede también afectar los recursos disponibles para la respuesta. La disponibilidad de camas en el hospital suele depender de la temporada del año. Por ejemplo, durante la temporada de gripe de invierno, los hospitales pueden funcionar al máximo de su capacidad o cerca de esta, lo que limita la cantidad de camas de pacientes disponibles para la respuesta (incluso luego de dar de alta a pacientes menos comprometidos y cancelar procedimientos de selección).

Las viviendas temporales para los grupos de respuesta ante emergencias y las personas y mascotas desplazadas, tal como se analiza en el Capítulo 10, a menudo se logran al utilizar las escuelas, los refugios, los centros de conferencia, las residencias que son seguras para resguardarse en el mismo lugar, etc. El alimento, el agua, la seguridad y el saneamiento necesarios para proteger la salud pública se proporcionan generalmente en lugares centralizados.

La incapacidad para proporcionar suficientes viviendas de emergencia puede conducir a un éxodo masivo de la comunidad, que podría desembocar en una pérdida permanente de residentes y en la incapacidad de restaurar la base económica de la comunidad. Los objetivos de desempeño deben estimar de forma realista la cantidad de residentes desplazados y los grupos de respuesta ante emergencias que se van a acomodar y la disponibilidad de instalaciones adecuadas en una comunidad o adyacente a esta.

Etapas de recuperación a medio plazo. En la etapa de recuperación a medio plazo (de semanas a meses), se espera que el enfoque de la dependencia se desplace más hacia las dependencias externas (electricidad, combustible líquido, transporte, etc.) junto con las dependencias internas clave (la financiación de la nómina y los suministros de reparación, los contratistas, etc.).

Restaurar la funcionalidad del vecindario es clave para mantener las fuerzas laborales necesarias para recuperar la vitalidad económica de la comunidad luego de un evento peligroso. Durante este período, es importante que se preste especial atención a las necesidades de las poblaciones desfavorecidas y en situación de riesgo que requieren un nivel más alto de asistencia. Se necesitan residencias, escuelas, centros de salud y negocios que funcionen para dar confianza a la población con el fin de que permanezcan allí y ayudar a apoyar la recuperación de la comunidad. Si las personas no pueden regresar a sus vecindarios, es probable que los pequeños negocios pierdan su base de clientes y se reubiquen o cierren. Esto, a su vez, puede provocar retrasos en la recuperación de la economía de la comunidad o pérdidas permanentes. Consulte la Sección 10.5 para obtener información adicional sobre más dependencias de instituciones sociales.

Los servicios comerciales también apoyan la recuperación de la comunidad. Si el principal motor económico de una región de basa en una planta de fabricación que requiere agua, aguas residuales y energía para poder funcionar dentro de las dos semanas posteriores a un evento peligroso de diseño, entonces la etapa de recuperación a medio plazo debe abordar la restauración de esos sistemas dependientes.

La condición del entorno construido que apoya a las residencias, los vecindarios y los negocios es un factor clave que determina el tiempo de recuperación. No se pueden reparar los daños estructurales importantes a los edificios y sistemas de infraestructura en unas pocas semanas, se tardan meses o más, según el daño. Los edificios deben ser seguros mientras se están reparando de daños menores o se necesitarán instalaciones temporales, especialmente para los residentes perjudicados. Los componentes de los sistemas de transporte, energía, agua, aguas residuales y comunicación que apoyan estas instalaciones necesitan restaurarse en el mismo período.

Etapas de recuperación a largo plazo. En la etapa de recuperación a largo plazo (de meses a años), se anticipa que se restaurarán los servicios públicos, al menos con arreglos temporales. Si la comunidad se encuentra en las primeras etapas de desarrollo de su resiliencia, el período de recuperación puede ser más largo debido a las reparaciones necesarias o la reconstrucción. A medida que una comunidad logra la resiliencia, un evento similar debería causar menos daño y tener períodos de recuperación más cortos y menos costosos. Las dependencias clave a estas alturas se relacionan con los suministros, los equipos y la disponibilidad de recursos para garantizar las reparaciones y la reconstrucción.

Las actividades de construcción para reparar y reconstruir luego de un evento importante le proporcionarán a la economía un estímulo relevante y a corto plazo y ofrecerán una oportunidad para mejorar el entorno construido según el plan de resiliencia comunitario. El gobierno, las compañías de seguro, los grandes comercios, el ahorro privado o los desarrolladores pueden financiar la restauración. Para que el proceso de recuperación mejore con éxito la resiliencia comunitaria, es necesario que exista una estructura gubernamental que apruebe la reconstrucción con rapidez y de acuerdo con los intereses y los planes de resiliencia de la comunidad. Toda inmovilización o todo estancamiento en la toma de decisiones retrasará las actividades de construcción necesarias para restaurar la economía.

Es importante que las comunidades desarrollen un plan de resiliencia que aborde la manera en que se maneja la logística de recuperación. Por ejemplo, la logística incluye procesos acelerados de obtención de permisos de construcción y recursos adecuados para inspeccionar los edificios durante el evento posterior al auge de la construcción. La logística también incluye las decisiones de planificación de uso de la tierra que guiarán la reconstrucción. Si se demora el proceso, entonces es posible que las personas y los negocios deban trasladarse fuera de la región y se pierde la oportunidad para volver a construir una comunidad mejor y más resiliente. El Plan de Resiliencia de Oregón indicó que los negocios solo pueden adaptarse durante aproximadamente dos a cuatro semanas desde la interrupción antes de que necesiten reubicarse o cerrar [OSSPAC 2013]. Esto es ciertamente preocupante para un estado como Oregón, donde una gran parte de la economía depende de los pequeños negocios y donde el nivel esperado de resiliencia para un terremoto en la zona de subducción de Cascadia no cumple con este plazo de cuatro semanas. Japón sufrió pérdidas de pequeños negocios debido al retraso en las decisiones sobre la planificación de uso de la tierra para reconstruir la región afectada por el tsunami luego del terremoto de Tohoku de 2011 [Mochizuki 2014].

14.2.3. Espacio

Región de impacto de peligro. Los eventos peligrosos pueden tener impactos variables en todas las regiones afectadas. Los huracanes o el terremoto en la zona de subducción de Cascadia pueden afectar a una región grande de varios estados, mientras que los tornados solo lo harán en una parte de la comunidad.

Como parte del proceso de planificación, las comunidades necesitan considerar la zona geográfica posible de impacto de sus peligros esperados. El Plan de Resiliencia de Oregón [OSSPAC 2013] se desarrolló para una situación hipotética de terremotos en la zona de subducción de Cascadia que probablemente afectaría una región, que incluye Carolina del Norte, Oregón, Washington y Columbia Británica (Figura 11-5). El plan analiza una estrategia en la que las partes central y oriental del estado proporcionarían asistencia a la región de la zona del Interestado-5 del Valle de Wallamette (zona que incluye los centros de población más

grandes del estado) y luego esta brindaría asistencia a la región de la costa. Es probable que se movilice otra ayuda mutua desde Idaho, Montana y otros estados adyacentes. Esto contrasta con el tornado del medio oeste, que puede provocar una devastación importante a una comunidad en particular, pero las comunidades circundantes ofrecen asistencia en respuesta y recuperación.

Ubicación de la infraestructura crítica. La ubicación de la infraestructura física en una comunidad afecta la manera en que se espera que se lleve a cabo un evento peligroso. Por ejemplo, las plantas de tratamiento de aguas residuales a menudo se encuentran cerca de ríos, bahías u otras masas de agua por razones de funcionamiento del sistema, lo que las hace vulnerables a los riesgos de inundaciones, aumentos del nivel del mar y tsunamis. En el proceso de planificación de resiliencia, las comunidades necesitan considerar la manera en que los peligros que prevalecen y la ubicación de los sistemas de infraestructura existentes afectar el desempeño del sistema. Los planes de resiliencia podrían incluir políticas de planificación sobre el uso de la tierra que consideren la dependencia entre la ubicación física y el desempeño del sistema al evaluar las mejoras de los edificios, la construcción de nuevos sistemas de infraestructura y la reconstrucción luego de un evento peligroso.

Ubicación compartida. Los sistemas de infraestructura a menudo se ubican a lo largo de rutas de transporte y de otros servicios públicos. La gran proximidad de estos sistemas puede causar daños involuntarios en estos sistemas de ubicación compartida [O'Rourke 2007].

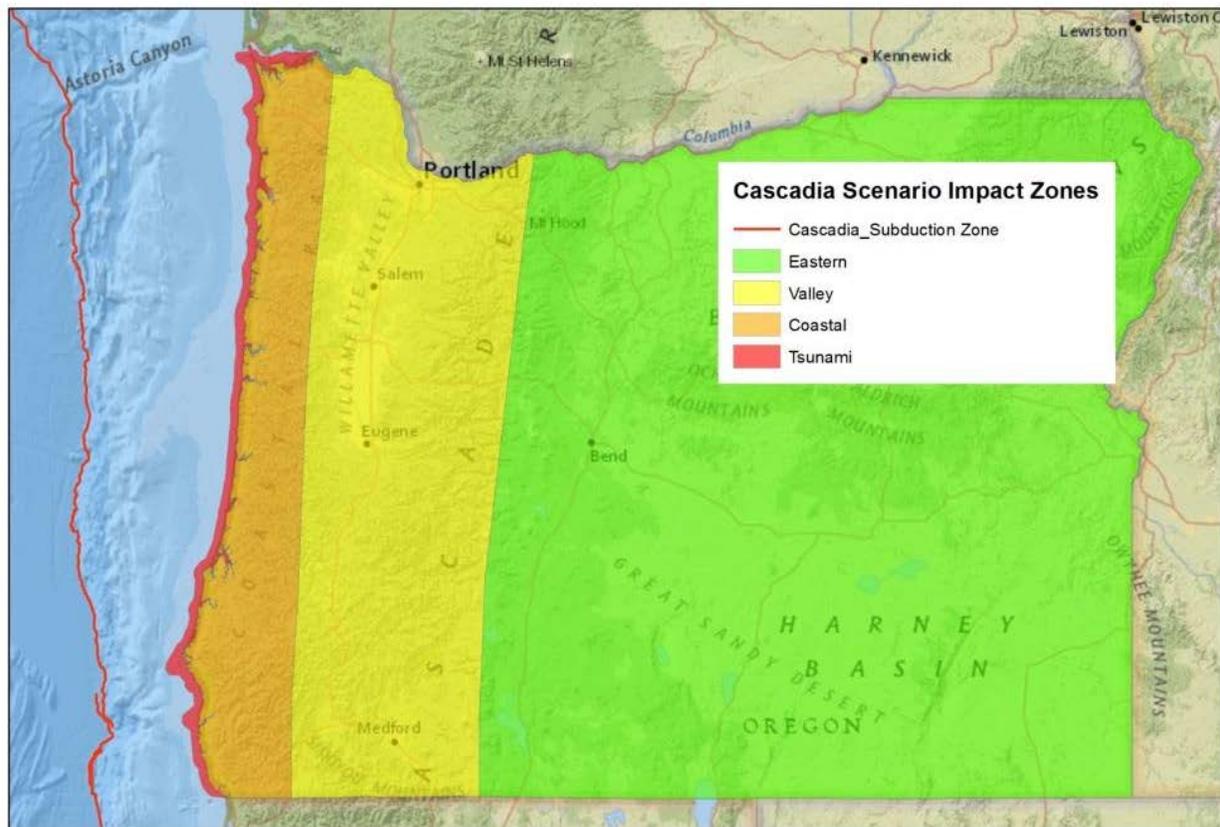


Figura 11-5: Cuatro zonas de impacto para la situación hipotética de terremotos en Cascadia de M9.0 [Fuente: OSSPAC 2013]

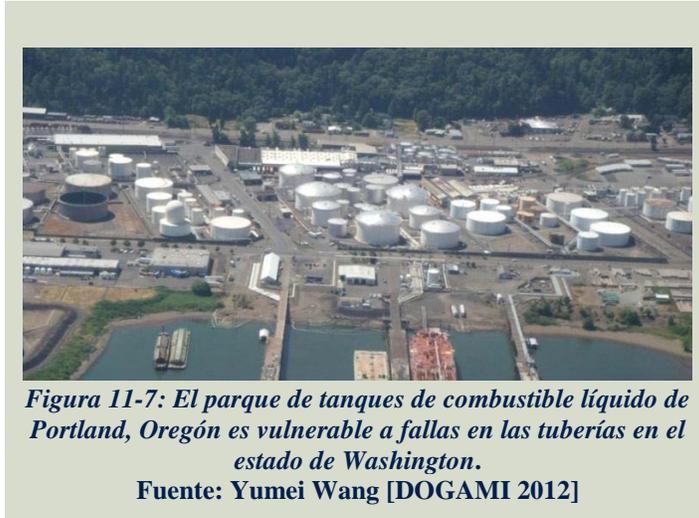


Las tuberías y los conductos a menudo se ubican en puentes u otras estructuras de cruce y pueden verse afectados de manera significativa por eventos de terremotos e inundaciones (inundaciones y tsunamis). La Figura 11-6 muestra un ejemplo del desplazamiento de un puente durante el terremoto en Christchurch, Nueva Zelanda en el año 2011. Una tubería de alcantarillado, sostenida por el puente, falló y derramó aguas residuales sin tratamiento en el río. Se instaló de forma temporal una nueva línea de alcantarillado negro en el tablero del puente luego del terremoto.

Los postes de energía eléctrica a menudo soportan los cables de las telecomunicaciones, por lo que, si se rompe el poste, se perjudicarán ambos sistemas. Las tuberías de agua y aguas residuales a menudo se ubican cerca de otra infraestructura enterrada debajo de las carreteras o adyacente a estas. La falla de las tuberías puede resultar en daños en las carreteras (p. ej., hundimiento por rotura de la tubería principal de agua o colapso de la tubería de alcantarillado) e impactará en el tránsito cuando se realicen las reparaciones. La infraestructura de ubicación compartida no solo da como resultado daños posibles a muchos sistemas, sino que también suele necesitar una mayor coordinación entre los proveedores de servicios durante la reparación.

14.2.4. Dependencia de las fuentes

Las comunidades dependen de los bienes y servicios que pueden estar disponibles de forma local. Los eventos peligrosos que afectan las fuentes de estos bienes y servicios pueden tener consecuencias de largo alcance en sentido descendente.



En el noreste del Pacífico, Oregón depende de las refinерías del estado de Washington para el suministro de combustible líquido. La Figura 11-7 muestra el tanque de combustible líquido de Portland, Oregón, que depende de las tuberías que van desde el sur de la frontera canadiense hasta este sitio de almacenamiento. Un terremoto en la zona de subducción de Cascadia podría interrumpir el funcionamiento de la refinерía y limitar los suministros de combustible líquido disponible en Washington y Oregón. Si no se identifica ni aborda, esto podría detener la restauración de las carreteras y los puentes, que, a su vez, paralizaría la restitución de los servicios de energía eléctrica y de agua. Del mismo modo, un huracán en la Costa del Golfo podría dañar las plataformas de perforación offshore y las instalaciones de refinерía de petróleo, lo que puede interrumpir el suministro de combustible líquido para la región afectada por el huracán y otras regiones de los Estados Unidos.

Los sistemas de servicios públicos regionales proporcionan otro ejemplo de dependencia de la fuente. La Autoridad del Valle del Tennessee (TVA, por sus siglas en inglés) suministra energía a más de 150 compañías de servicios públicos municipales y a varios grandes usuarios industriales en Alabama, Kentucky, Misisipí y Tennessee [TVA 2014]. Un evento peligroso, como una tormenta de hielo, que causa daños en una o más instalaciones de generación de energía de TVA o en las líneas de transmisión tiene la posibilidad de interrumpir la energía eléctrica en un área geográfica extensa.

Un incendio forestal puede afectar el suministro de agua potable con altas cargas de sedimentos después del incendio. Estas cargas de sedimento pueden dañar las reservas y las plantas de tratamiento, lo que genera un mayor costo de tratamiento para eliminar las partículas sólidas suspendidas del agua potable. El impacto de los sedimentos es mayor en la zona quemada, pero los datos de los incendios forestales de Carolina del Sur en el otoño de 2003 indicaron mayores de cargas de sedimentos en las plantas de tratamiento hasta 160 km (100 millas) del incendio [Meixner y Wohlgemuth 2004].

14.3. Planificación para las dependencias de los sistemas de infraestructura

Como parte de un proceso de planificación, se debe incentivar a los proveedores de servicios públicos, los comercios y otras organizaciones comunitarias a actualizar o desarrollar sus propios planes de emergencias y continuidad de operaciones y a abordar las dependencias internas. A medida que las organizaciones llevan a cabo actividades de planificación internas para lograr la resiliencia, pueden recopilar una lista de dependencias externas y la manera en que pueden afectar sus operaciones y el proceso de recuperación. Con las partes interesadas informadas, se puede llevar a cabo un debate que desarrolle una comprensión del desempeño deseado y previsto del entorno construido para las amenazas prevalecientes, incluidas las dependencias.

La comprensión de las dependencias en y entre sistemas de infraestructura es una zona de desarrollo de planificación relacionada con la resiliencia y recuperación ante perturbaciones importantes. Sin embargo, existe una necesidad inmediata de un proceso para identificar las dependencias en el entorno construido, y un método empírico que se basa en datos históricos parece ser la solución más factible a estas alturas. El Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco utilizó este método en el 2013 y puede aplicarse a otras comunidades. San Francisco informó sus resultados y recomendaciones (Figura 11-8) en febrero de 2014 [Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco 2014]. Los pasos en su proceso fueron los siguientes:

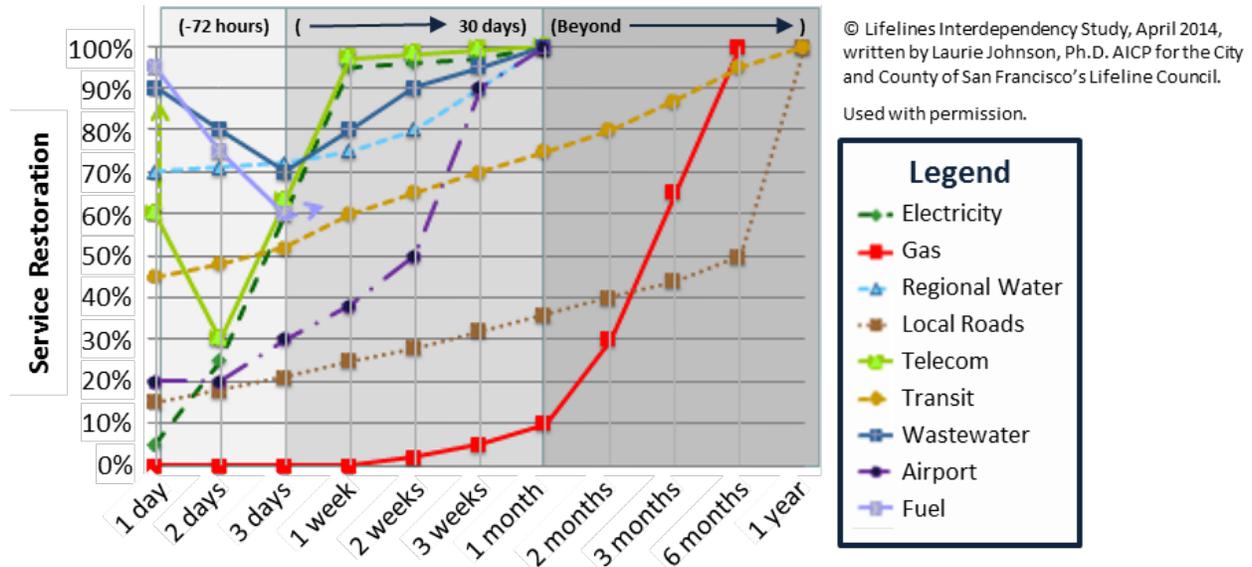


Figura 11-8: Períodos posibles de restauración del servicio después de una situación hipotética de terremoto M 7.9 en la Falla de San Andrés estimados en el estudio de la Ciudad de San Francisco.

- Formar un concejo de proveedores de servicios de propietarios de infraestructuras públicas y privadas y planificar un foro trimestral para que se reúnan, compartan actividades de planificación actuales y debatan las cuestiones relacionadas con la respuesta y la recuperación, sus dependencias de otros sistemas y los métodos para mejorar las condiciones actuales.
- Para el nivel extremo de los peligros predominantes, caracterizar el nivel esperado de daños según el desempeño del sistema de infraestructura desde el punto de vista del proveedor de la infraestructura. La Figura 11-8 muestra los períodos de restauración estimados por los proveedores en el estudio de San Francisco. Mientras la mayoría de los servicios públicos mejoran gradualmente, la pérdida de la energía de las baterías y del combustible en los primeros días provoca la disminución en la restauración del servicio para algunos sistemas. Una vez que se restaura la electricidad, aumenta el restablecimiento del servicio de otros sistemas de infraestructura, algunos más rápido que otros.
- Para cada sistema de infraestructura, documentar el proceso planificado de respuesta y restauración, las posibles dependencias de otros sistemas y la comprensión de las dependencias de otros sistemas en relación con ellos.

- Procesar la información y determinar las interacciones generales entre los sistemas y las dependencias relacionadas. Identificar las zonas con probabilidades de efectos dominó, ocurrencias de ubicación compartida, superposiciones y obstáculos relacionados con los planes de restauración y recuperación. La Tabla 11-1 muestra las dependencias identificadas en el estudio de San Francisco, así como la naturaleza de la interacción.
- Desarrollar una serie de recomendaciones relacionadas con los siguientes pasos necesarios para definir mejor las necesidades, avanzar en la planificación colaborativa cuando sea necesario, priorizar los proyectos de mitigación necesarios e identificar las fuentes de financiación para las necesidades previas y posteriores al evento.

La Tabla 11-1 hace una lista de los sistemas de infraestructura a lo largo de ambos ejes del cuadro. Se indica el tipo de dependencias y la importancia de estas, con las dependencias importantes (en amarillo) que deben resolverse en primer lugar. Por ejemplo, la dependencia entre la energía eléctrica y las calles de la ciudad puede considerarse importante. Las calles y la energía están ubicadas de manera compartida cuando las líneas eléctricas están dentro del derecho de paso de las calles y cada sistema puede obstaculizar la restauración del otro. Es necesario que existan carreteras que transporte al personal de energía y los escombros retrasarán las reparaciones del sistema eléctrico.

Lista de tablas

Tabla 11-1: Dependencias de los sistemas de infraestructura identificadas por el Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad de San Francisco luego de una situación hipotética de terremoto M7.9 en la Falla de San Andrés [Adaptado de Laurie Johnson, Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco 2014]

La interacción general y la dependencia de un sistema en particular (leer cada columna)

	Carreteras regionales	Calles de la ciudad	Energía eléctrica	Gas natural	Telecomunicaciones	Agua	Agua adicional	Aguas residuales	Transporte	Puerto	Aeropuerto	Combustible
Carreteras regionales	General	Restauración Sustituto	Restauración	Restauración	Restauración	Restauración		Restauración	Sustituto		Restauración	Restauración
Calles de la ciudad	Sustituto Restauración	General	Ubicación compartida, Restauración		Restauración							
Energía eléctrica	Restauración	Ubicación compartida, Restauración	General		Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración		Ubicación compartida	Restauración	Restauración
Gas natural	Restauración	Funcional, Ubicación compartida, Restauración	Sustituto	General	Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración		Ubicación compartida	Restauración	Restauración
Telecomunicaciones	Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Funcional, Restauración	Restauración	General	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración			Restauración	Restauración
Agua	Restauración	Restauración	Restauración		Restauración	General				Ubicación compartida		Restauración
Agua adicional	Restauración	Funcional, Restauración	Restauración		Restauración	Funcional, Restauración	General			Ubicación compartida, Restauración		Restauración
Aguas residuales	Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Funcional, Restauración		Restauración	Funcional, Restauración		General		Ubicación compartida, Restauración		Restauración
Transporte	Sustituto, Restauración	Funcional, Sustituto, Ubicación compartida, Restauración	Funcional, Restauración		Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, General	Ubicación compartida, Restauración		Funcional, Restauración
Puerto	Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración		Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida, Restauración	Ubicación compartida	Ubicación compartida	Ubicación compartida	General		Restauración
Aeropuerto	Restauración		Restauración		Restauración	Restauración		Restauración	Ubicación compartida, Restauración		General	Funcional, Restauración
Combustible	Restauración	Restauración	Funcional, Restauración		Restauración	Restauración				Restauración	Restauración	General

Dependencia de los operadores de sistemas de infraestructura de otros sistemas de infraestructura (leer en cada fila)

Guía de Planificación de Resiliencia Comunitaria para Edificios y Sistemas de Infraestructura - Volumen II

Lista de tablas

Legenda:

Interacción y dependencia importantes de este sistema de infraestructura para la prestación de servicios y los esfuerzos de restauración.

Interacción y dependencia moderadas de este sistema de infraestructura para la prestación de servicios y los esfuerzos de restauración.

Interacción y dependencia limitadas de este sistema de infraestructura para la prestación de servicios y los esfuerzos de restauración.

Clave de los términos utilizados en la matriz:

Propagación funcional de desastres e interacciones dominó de un sistema a otro debido a la dependencia.

Interacción de ubicación compartida, propagación de daños físicos entre sistemas de infraestructura.

Interacción de la restauración, varios obstáculos en las etapas de restauración y recuperación.

Interacción del sustituto, la perturbación de un sistema influye en la dependencia de sistemas alternativos.

Interacción general entre los componentes del mismo sistema. (Todos los sistemas tendrían cuestiones de interacción general, pero algunas de ellas son más importantes para la posible perturbación y restauración del sistema).

La Figura 11-9 muestra un mapa de Portland, Oregón con una superposición del Sistema de Información Geográfica (SIG) de los sistemas de infraestructura que se encuentran en el Apéndice de Respuesta a Terremotos del Plan Básico de Operaciones de Emergencia de la Ciudad [Oficina de Manejo de Emergencias de Portland 2012]. La ciudad utilizó esta información para coordinar las dependencias espaciales posibles de sus sistemas de infraestructura.

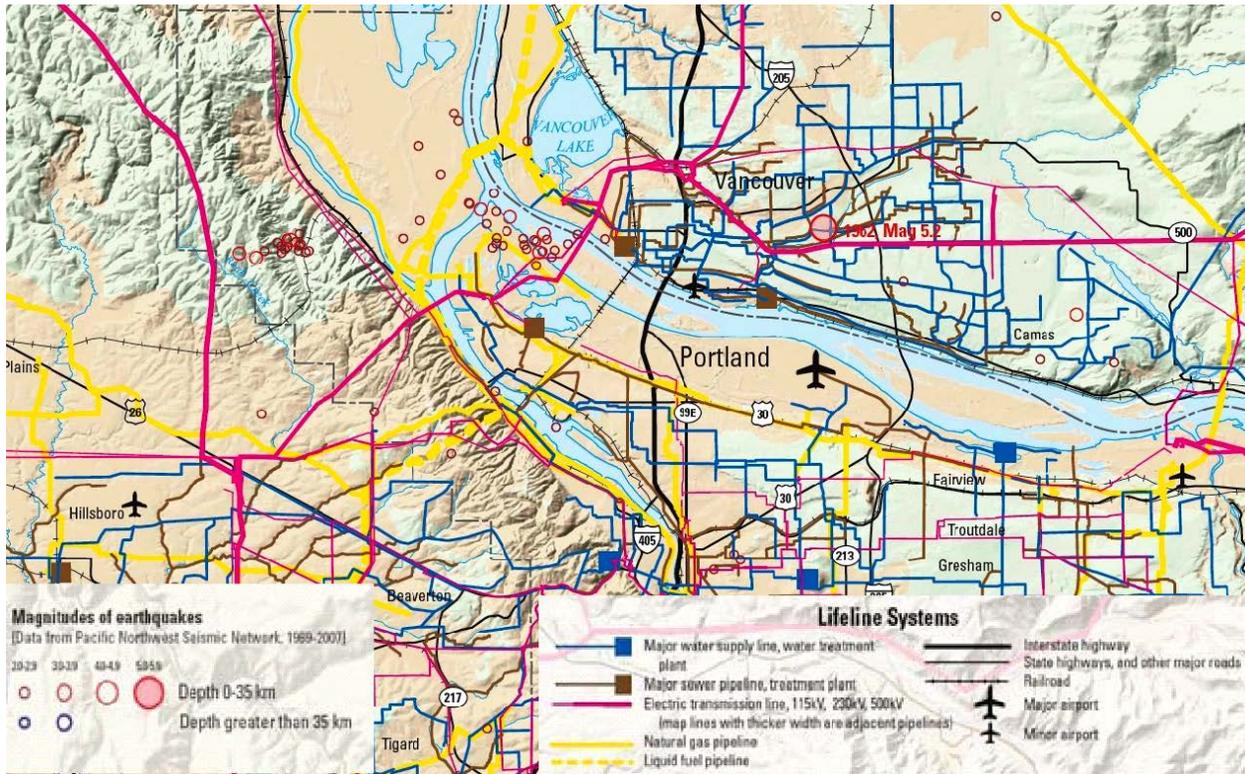


Figura 11-9: Mapa del SIG de los sistemas de infraestructura en Portland, Oregón [Fuente: USGS]

El Centro Multidisciplinario para la Investigación de Ingeniería Sísmica (MCEER, por sus siglas en inglés) [Shinozuka et al. 2004] investigó los efectos de los terremotos en los sistemas combinados de agua y energía del Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles (LADWP, por sus siglas en inglés) y demostró que el modelado asistido por SIG podría ilustrar de forma efectiva los aspectos temporales y espaciales del desempeño del sistema combinado. La Figura 11-10 muestra una simulación previa al evento de la progresión del proceso de restauración luego de una situación hipotética. El estado de la restauración se demuestra en formato SIG a las 0 horas, 12 horas, 24 horas y 48 horas luego de la situación hipotética de terremoto. Este tipo de simulación de restauración es útil para evaluar las dependencias de los sistemas de infraestructura y desarrollar o validar las soluciones para minimizar los efectos dominó.

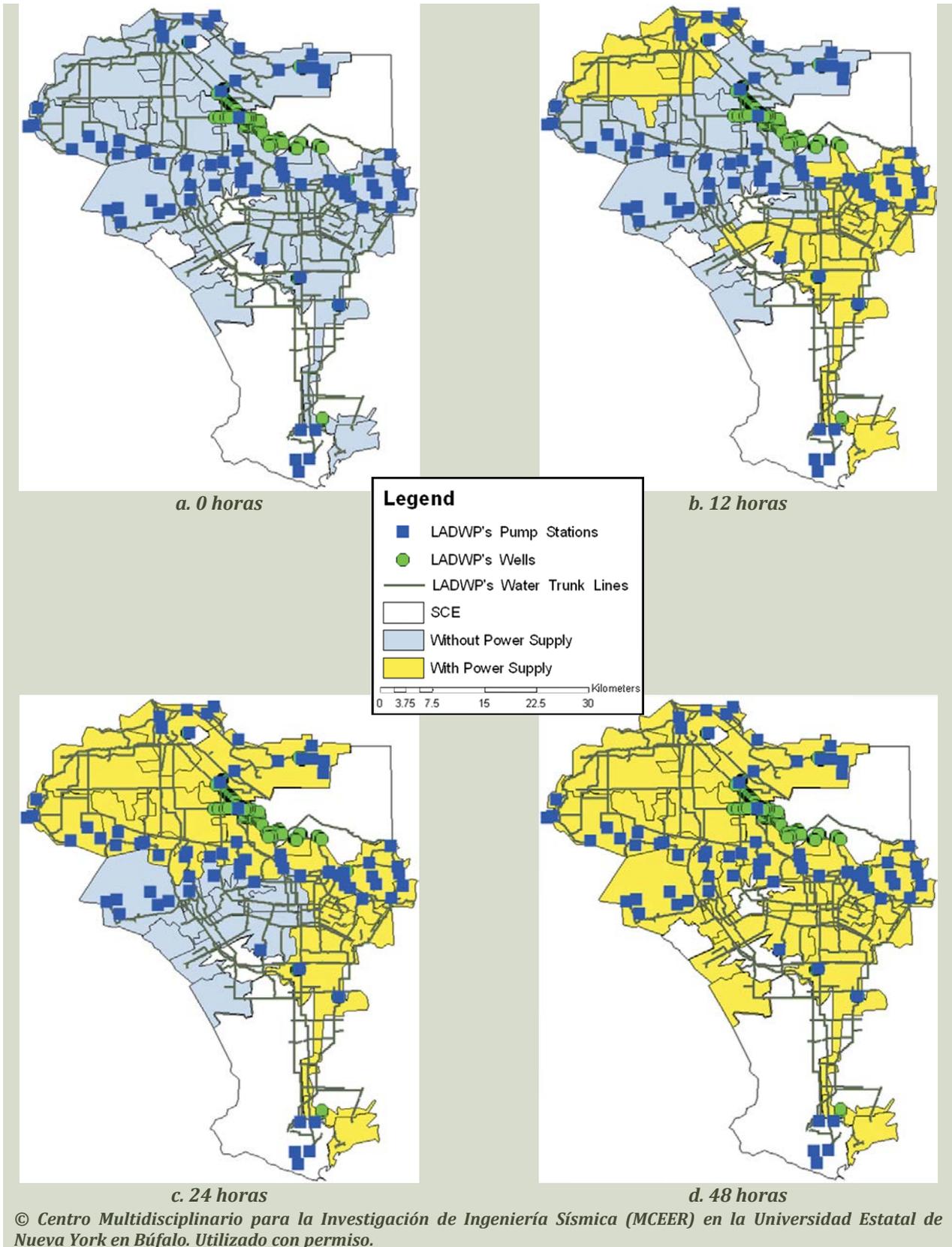


Figura 11-10: Simulación previa al evento de la restauración del LADWP de las estaciones de bombeo y la fuente de alimentación

14.4. Referencias

- Comisión de Normas de Edificación de California (CBC 2013) *California Building Standards Code*, Comisión de Normas de Edificación de California, Sacramento, CA, <http://www.bsc.ca.gov/Home/Current2013Codes.aspx>.
- Meixner, T. and P. Wohlgemuth (2004) "Wildfire Impacts on Water Quality," *Southwest Hydrology*, pp. 24-25, Septiembre/Octubre, http://www.swhydro.arizona.edu/archive/V3_N5/feature7.pdf.
- Mochizuki, J. (2014) "Decision-Making, Policy Choices and Community Rebuilding after the Tohoku Disaster," *Journal of Integrated Disaster Risk Management*, 4 (2): 11-26.
- North American Electric Reliability Council (NERC 2004) *Technical Analysis of the August 14, 2003, Blackout: What Happened, Why, and What Did We Learn?* Princeton, NJ, Consejo de Confiabilidad Eléctrica de América del Norte.
- O'Rourke, T. (2007) "Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience," *The Bridge*, vol. 37, n.º 1, Spring, Academia Nacional de Ingeniería de las Academias Nacionales, Washington, DC, <https://www.nae.edu/File.aspx?id=7405>.
- Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregon (OSSPAC 2013) *The Oregon Resilience Plan, Reducing Risk and Improving Recovery for the Next Cascadia Earthquake and Tsunami*, Salem, OR: Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregon.
- Pederson, P.; D. Dudenhoefter; S. Hartley; y M. Permann (2006) *Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research*, INL/EXT-06-11464, Laboratorio Nacional de Idaho.
- Portland Bureau of Emergency Management (2013) *City of Portland Basic Emergency Operations Plan*, Apéndice de Respuesta ante Terremotos. Portland, Oregon, <https://www.portlandoregon.gov/pbem/article/135813>.
- Rinaldi, S.M.; J.P. Peerenboom; y T.K. Kelly (2001) "Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies," *Revista de Sistemas de Control de IEEE*, Diciembre.
- Shinozuka, M.; S.E. Chang; T-C. Cheng; M. Feng; T.D. O'Rourke; M. Ala Saadeghvaziri; X. Dong; X. Jin; Y. Wahg; y P. Shi (2004) "Resilience of Integrated Power and Water Systems," *Progreso y Logros de la Investigación 2003-2004*, MCEER, Buffalo, NY.
- Autoridad del Valle de Tennessee (TVA 2014) *Tennessee Valley Authority Strategic Plan: Fiscal Years 2014-2018*, Autoridad del Valle de Tennessee (TVA), Knoxville, TN.
- Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco (2014) *Lifelines Interdependency Study/Report*, San Francisco, CA, <http://www.sfgsa.org/modules/showdocument.aspx?documentid=12025>.
- Wang, Y. (2014) *Hospital and Water System Risk Evaluation*, Informe a las Autoridades de Salud de Oregon, Departamento de Geología e Industrias Minerales de Oregon, Septiembre.
- Wang, Y.; S. Bartlett; S. y Miles (2012) *Earthquake Risk Study for Oregon's Critical Energy Infrastructure Hub*, Informe Final al Departamento de Energía de Oregon y Comisión de Servicios Públicos de Oregon, Departamento de Geología e Industrias Minerales de Oregon, Agosto.

15. Edificios

16. Resumen ejecutivo de los edificios

Los edificios satisfacen muchas necesidades sociales, desde las más básicas, como la provisión de refugio, hasta la prestación de servicios como la atención médica y la educación. Luego de un evento peligroso perturbador, algunos edificios necesitan estar en funcionamiento inmediatamente, mientras que otros necesitan permanecer estables para proteger a sus ocupantes. La cantidad de edificios dentro de una comunidad varía ampliamente en términos de uso, ocupación, propiedad, edad, tipo de construcción y condición. Estos factores pueden afectar el desempeño de los edificios actuales durante los eventos peligrosos, así como la capacidad para restaurar su función prevista en un período de tiempo razonable.

La Guía agrupa los edificios que tienen funciones y objetivos de desempeño similares en grupos con el fin de centrarse en el papel de los edificios a nivel comunitario en lugar de los edificios individuales. Por consiguiente, los objetivos de desempeño se expresan en términos de *períodos hasta la recuperación del funcionamiento* para construir grupos de edificios después de un evento peligroso. Los grupos de edificios son edificios y sistemas de infraestructura de apoyo que respaldan una necesidad social o que funcionan en la comunidad que tiene un objetivo de desempeño en común. La recuperación de la función puede verse afectada por la condición de los edificios y los sistemas de infraestructura de apoyo (que incluye su diseño, mitigación y mantenimiento), así como los niveles de los daños, los recursos para las reparaciones y reconstrucciones y las medidas temporarias, como las fuentes de energía provisionales. Se puede restaurar gradualmente la funcionalidad a través de un grupo de edificios durante las fases de recuperación. Por ejemplo, las instalaciones críticas como los centros de cuidado de emergencia en los hospitales se necesitan inmediatamente después de eventos peligrosos. Se pueden restaurar otras funciones hospitalarias con menos importancia según sea necesario. Otro ejemplo son los grupos residenciales que necesitan ser estables y seguros para ser ocupados inmediatamente después del evento, de modo que los residentes pueden permanecer en la comunidad para apoyar su recuperación.

El plan de resiliencia comunitaria aborda las brechas entre el desempeño deseado (futuro) de los edificios para apoyar la recuperación de la función y el desempeño previsto (actual) del conjunto de edificios actual y los sistemas de infraestructura de apoyo. Es posible que gran parte del conjunto de edificios no cumpla los objetivos de desempeño deseados. Un plan de resiliencia comunitaria puede abordar las brechas entre el desempeño deseado y el previsto con soluciones y estrategias de prioridad. Por ejemplo, se pueden adoptar códigos y normas actualizadas o mejoradas. Este enfoque tiene un impacto limitado a plazo corto e intermedio porque se reemplazan lentamente los edificios y los sistemas de infraestructura en la mayoría de las comunidades. Solo las nuevas construcciones o renovaciones importantes se ajustarán a las nuevas normas. Cuando los edificios existentes representan un riesgo sustancial para los ocupantes durante un evento peligroso, los requisitos de acondicionamiento son una opción, pero a menudo un reto, debido a los posibles costos y la perturbación de los ocupantes.

La Guía incentiva a las comunidades a que tengan en cuenta los múltiples niveles de peligros: de rutina, de diseño y extremo. La consideración de los múltiples niveles de peligro contribuye a una mejor comprensión de las consecuencias posibles y acciones de recuperación para la resiliencia comunitaria. El desempeño de edificios se ancla al peligro de diseño. Para un evento peligroso de diseño, el desempeño deseado podría ser que los edificios sean funcionales en cuestión de días a semanas, según de su papel en la comunidad. Para un evento peligroso de rutina, el desempeño deseado podría ser que los edificios sean funcionales en cuestión de pocos días. Para un evento peligroso extremo, el desempeño deseado podría ser que ciertas instalaciones críticas sean funcionales luego de un evento, que la mayoría de los residentes pueda refugiarse en sus propios hogares y que los negocios esenciales para la recuperación estén abiertos en el plazo de varias semanas.

La mayoría de los códigos y las normas de edificación adoptados por las comunidades se basan en los códigos de edificación modelos. Los códigos de edificación modelo se desarrollan a nivel nacional e internacional y abordan principalmente los mínimos requisitos para la seguridad vital de los ocupantes, no de la resiliencia integral de la comunidad. Los estados y las municipalidades locales pueden modificar los códigos de construcción modelo para lograr objetivos específicos que son más rigurosos para las amenazas locales o regionales. Otros estados y localidades adoptan los códigos de construcción modelo, pero modifican o eliminan los requisitos para hacerlos menos rigurosos. Otros estados adoptan los códigos de edificación modelo, pero no permiten que las jurisdicciones locales realicen modificaciones.

Hacer cumplir los códigos y las normas de edificación es tan importante como su adopción. Incluso si los códigos y las normas de edificación más actualizados son vigentes, es probable que los edificios diseñados y construidos de manera deficiente tengan un rendimiento precario. El nivel de cumplimiento puede afectar de manera significativa la resiliencia. Un departamento de edificación debidamente capacitado, para revisar los diseños de conformidad con el código e inspeccionar la construcción para comprobar su conformidad con los planes aprobados, es un componente fundamental de resiliencia comunitaria.

Hacer que una comunidad sea más resiliente es una propuesta a largo plazo. Las comunidades pueden desarrollar objetivos de resiliencia a plazo corto, medio o largo. En general, los objetivos a corto plazo incluyen la creación de un plan de resiliencia y la adopción de códigos y normas de edificación mejorada. Los objetivos a corto plazo apoyan los objetivos a largo plazo al añadir de manera gradual más edificios resilientes. Generalmente, los objetivos a plazo medio y largo se relacionan con la mejora del conjunto de edificios existente, como el reacondicionamiento incentivado u obligatorio de determinados tipos de edificios.

Todas las soluciones que hacen que las comunidades sean más resilientes tienen costos asociados. Las comunidades necesitan equilibrar los planes de resiliencia frente a sus recursos disponibles. La Guía ofrece un método de seis pasos para identificar las brechas entre el desempeño deseado y previsto y priorizar las soluciones para abordarlas. El establecimiento de prioridades y la participación de todas las partes interesadas ayuda a las comunidades a elaborar planes que les permitan alcanzar sus objetivos de resiliencia comunitaria dentro de sus posibilidades.

16.1. Introducción

El conjunto de edificios comunitarios puede variar ampliamente. Las diferencias en la ocupación, el uso, la edad y la condición pueden presentar desafíos para alcanzar los objetivos de desempeño deseados. La propiedad pública y privada también puede presentar desafíos para implementar soluciones y estrategias de resiliencia. Este capítulo analiza las categorías y funciones de la construcción, los objetivos de desempeño, el entorno regulador, los códigos y las normas y las posibles soluciones y estrategias para los edificios que apoyan la resiliencia comunitaria.

16.1.1. Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales

Los edificios juegan un papel importante en nuestras comunidades, ya que satisfacen una gran cantidad de necesidades sociales desde la provisión de refugio hasta ubicaciones para servicios tales como el cuidado de la salud, la educación y las tiendas de comestibles, tal como se analiza en el Capítulo 10. Por lo tanto, los objetivos de desempeño deseados para los edificios dependen específicamente de lo que estos albergan o de las funciones a las que prestan servicios. Algunos edificios deben entrar en funcionamiento inmediatamente o poco después del evento peligroso, mientras que otros necesitan ser estables para que no se derrumben ni pongan en riesgo la seguridad vital de los ocupantes. La Sección 12.2 analiza las categorías y los usos de los edificios; la Sección 12.3 proporciona una guía para desarrollar objetivos de desempeño según la metodología en el Capítulo 4 (Volumen 1). Es posible que los códigos de edificación actuales adoptados y aplicados por la comunidad no logren los objetivos de desempeño deseados.

16.1.2. Confiabilidad frente a la resiliencia

Los edificios son un conjunto integrado de sistemas (estructurales, arquitectónicos, de servicios públicos, etc.) que funcionan juntos con el fin de cumplir la función prevista del edificio. Los sistemas estructurales proporcionan un marco estable que soporta las cargas de la gravedad y resiste las fuerzas impuestas por los eventos extremos. Los sistemas arquitectónicos proporcionan protección contra elementos externos a través de los sistemas de revestimiento (p. ej., techos, paredes o paneles exteriores, puertas, ventanas), los sistemas de seguridad vital (p. ej., rociadores, alarmas contra incendios) y acabados interiores. Los sistemas de los servicios públicos brindan servicios que apoyan la función del edificio y a sus ocupantes (p. ej., energía eléctrica, comunicación, agua, aguas residuales).

Los edificios se diseñan según las provisiones en los códigos de edificación y las normas de diseño de ingeniería para cumplir con su propósito previsto y proporcionar seguridad a los ocupantes en caso de incendios y eventos peligrosos. La mayoría de las provisiones en los códigos y las normas de edificación son prescriptivas (es decir, se especifican reglas o reglamentos para el diseño). Sin embargo, la mayoría de los códigos y las normas también permiten el uso de productos alternativos y sistemas o métodos de diseño si se demuestra un desempeño equivalente mediante análisis de ingeniería, pruebas o diseño basado en el desempeño.

En general, los sistemas estructurales se diseñan para el nivel mínimo requerido de intensidad de peligro, que se basa en un nivel de desempeño objetivo en función de la confiabilidad para un período de servicio de 50 años (consulte el Capítulo 4 en el Volumen 1). La confiabilidad estructural hace referencia a la probabilidad de que una pieza o un sistema estructural no falle durante un período de servicio de una manera específica, tal como una rotura o deformación de la pieza. Para las cargas de diseño por gravedad, viento, nieve e inundación, el diseño estructural se basa en el desempeño de la pieza, de modo que las piezas estructurales están diseñadas para tener una baja probabilidad de falla durante un evento peligroso de diseño. Para los eventos peligrosos de diseño sísmico, las estructuras están diseñadas para el desempeño del sistema, donde se espera que el sistema estructural se mantenga estable, pero las piezas individuales pueden fallar. De este modo, para los eventos de viento, nieve e inundación, se espera una estructura que sufra poco o ningún daño durante un evento de diseño. Para eventos sísmicos, se espera que la estructura se mantenga estable, pero se puede generar un daño en la estructura localizada. Según el grado de daño, es probable que un edificio no esté en funcionamiento después e incluso puede que sea necesario que se demuela.

Es posible que los eventos peligrosos interrumpan los servicios, como agua y energía eléctrica, que son necesarios para la funcionalidad del edificio. Si no se puede mantener la presión del agua, entonces las bocas de incendios, la extinción del fuego y los sistemas sanitarios se encontrarán fuera de servicio y es posible que los edificios no sean los adecuados para su ocupación.

Para diseñar un edificio que cumpla con su papel en una comunidad resiliente se necesita comprender las funciones sociales que respalda el edificio en la comunidad y el desempeño necesario del edificio para asegurar estas funciones durante un evento peligroso o luego de este. Algunos requisitos para la resiliencia pueden exceder los requeridos por los códigos y las normas de edificación modelo.

16.1.3. Dependencias

La resiliencia de una comunidad depende en gran medida del desempeño de sus edificios. La funcionalidad de la mayoría de los edificios, a su vez, depende de los servicios proporcionados por las empresas de servicios públicos (p. ej., energía, comunicación, agua y aguas residuales) y los sistemas de transporte. Por otro lado, algunos edificios apoyan los sistemas de servicios públicos.

La resiliencia comunitaria necesita que las dependencias entre los edificios y los sistemas de infraestructura de apoyo tienen objetivos de desempeño compatibles para lograr el desempeño deseado. Por ejemplo, se necesitan los centros de operaciones de emergencias y hospitales durante un evento peligroso e inmediatamente luego de este. Sin embargo, se pueden dañar los sistemas de infraestructura de energía y agua de apoyo. Para apoyar las necesidades de la comunidad durante la recuperación a corto plazo, es necesario que las instalaciones críticas planifiquen su funcionamiento sin electricidad y agua externas hasta que se recuperen esos servicios. De otra manera, la funcionalidad de los edificios específicos puede depender de los ocupantes también. Los administradores de emergencia necesitan rutas accesibles para llegar a los edificios donde se encuentra el equipamiento necesario para brindar servicios de emergencia.

16.2. Categorías y funciones de los edificios

Los criterios de diseño y construcción en los códigos y las normas de edificación se organizan de acuerdo con el desempeño deseado del edificio según su uso previsto, ocupación y consideraciones de salud pública, seguridad y bienestar. Muchos edificios están diseñados de acuerdo con las clasificaciones de ocupación de edificios del Código de Edificación Internacional [IBC, por sus siglas en inglés, del año 2015] y los códigos de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios [NFPA, por sus siglas en inglés, del año 2015] y las categorías de riesgo en la Norma 7 de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles [ASCE, por sus siglas en inglés, del año 2010].

El término “ocupación” en los códigos de edificación se refiere a la naturaleza de las actividades que tienen lugar en el interior de los edificios; las disposiciones de seguridad contra incendios y protección de la vida humana se basan en las actividades. Las clasificaciones de ocupación pueden incluir ensamblaje, negocios, guarderías, educación, fábricas/industriales, de alto riesgo, institucionales, mercantiles, residenciales, de almacenamiento, de servicios públicos y varios.

Los riesgos asociados con las fallas estructurales se abordan por separado por *categorías de riesgo*, que relacionan la superación de las cargas de diseño y los criterios asociados con las consecuencias de las fallas para la estructura y sus ocupantes. Las categorías de riesgo son distintas de los grupos de ocupación en los códigos de construcción. Las categorías de riesgo reflejan una progresión de la seriedad anticipada de la consecuencia de la falla desde el riesgo más bajo (categoría de riesgo I) hasta el más alto (categoría de riesgo IV). A los edificios y otras estructuras se les asigna la categoría de riesgo más alta aplicable en función del riesgo para la vida, la salud y el bienestar asociado con sus daños o fallas por la naturaleza de su ocupación o uso [ASCE/SEI 2010].

En la Tabla 12-1 se muestran las categorías de riesgos. La categoría de riesgo II incluye la mayoría de los tipos de edificios, como los residenciales, comerciales e industriales, así como todos los demás edificios no designados a las otras categorías de riesgo. Los edificios esenciales pertenecen a la categoría de riesgo IV, que necesita el nivel más alto de confiabilidad. En ASCE/SEI [2010], los edificios esenciales están destinados a permanecer en funcionamiento en el caso de inundaciones, vientos, nevadas o terremotos extremos. Algunos edificios que una comunidad puede considerar esenciales se clasifican como categoría de riesgo III, que incluye edificios y estructuras que albergan una gran cantidad de personas en un mismo lugar o a personas con movilidad o capacidad limitada para viajar a un refugio seguro, lo que incluye instalaciones de cuidado de salud, escuelas primarias y prisiones. Esta categoría también incluye estructuras asociadas con los servicios públicos que protegen la salud y seguridad de una comunidad, incluidas las estaciones de generación de energía y las plantas de tratamiento de agua y aguas residuales. La categoría de riesgo III necesita un mayor nivel de confiabilidad que la categoría de riesgo II. Las cargas mínimas de diseño para estructuras son modificadas por factores de importancia para cada categoría de riesgo.

Tabla 12-1: Categorías de riesgo para los edificios [ASCE/SEI 2010]

Categorías de riesgo	Definición
I.	Edificios y demás estructuras que representan un bajo riesgo para la vida en caso de que se produzca una falla.
II.	Todos los edificios y demás estructuras excepto las enumeradas en las categorías de riesgo I, III y IV.
III.	Edificios y demás estructuras cuya falla podría suponer un riesgo considerable para la vida. Edificios y demás estructuras no incluidas en la categoría de riesgo IV con posibilidades de causar un impacto económico sustancial o una perturbación masiva de la vida civil cotidiana en caso de falla. Edificios y demás estructuras no incluidas en la categoría de riesgo IV (que incluye, entre otras, instalaciones que fabrican, procesan, manipulan, almacenan, usan o eliminan sustancias como combustibles peligrosos, sustancias químicas peligrosas o productos explosivos) que contienen sustancias tóxicas o explosivas donde la cantidad de material excede el límite establecido por la autoridad competente y, si se liberan, es motivo suficiente para representar una amenaza para el público.
IV.	Edificios y demás estructuras designados como instalaciones esenciales. Edificios y demás estructuras cuya falla podría suponer un peligro considerable para la comunidad. Edificios y demás estructuras (que incluye, pero no se limita a, instalaciones que fabrican, procesan, manipulan, almacenan, usan o eliminan sustancias como combustibles peligrosos, sustancias químicas peligrosas o desechos peligrosos) que contienen cantidades suficientes de sustancias muy tóxicas o explosivas donde la cantidad de material excede el límite establecido por la autoridad competente y, si se liberan, es motivo suficiente para representar una amenaza para el público. Edificios y demás estructuras necesarias para mantener la funcionalidad de otras estructuras de la categoría de riesgo IV.

Las clasificaciones de uso y ocupación de edificios y las categorías de riesgo son parámetros importantes para el diseño, pero no abordan un aspecto clave de resiliencia: el período hasta la recuperación de la función. En la Tabla 12-2 se definen cuatro categorías de desempeño de los edificios que abordan la recuperación. La referencia a las etiquetas en la Tabla 12-2 se basan en una metodología establecida inicialmente para las inspecciones de seguridad de los edificios después de terremotos, pero también se utiliza después de otros eventos peligrosos para evaluar las estructuras [ATC 2003]. La etiqueta roja indica daños estructurales graves, de tal manera que es probable que sea necesario reemplazarlo y sea inseguro para su ocupación. De forma similar, se utiliza una etiqueta amarilla para los edificios que han sido considerablemente dañados y se debe retrasar su ocupación hasta que se repare. La etiqueta verde indica que el daño es mínimo o nulo y que se puede ocupar el edificio mientras se hacen reparaciones menores.

Tabla 12-2: Definiciones de nivel de desempeño para los grupos de edificios

Nivel de desempeño	Definición
A. Segura y en funcionamiento	Estas instalaciones sufren daños menores y siguen funcionando sin interrupción. Las instalaciones esenciales necesitan este nivel de función.
B. Segura y útil durante la reparación	Estas instalaciones experimentan daños moderados en los acabados interiores, contenidos y sistemas de apoyo interiores. Reciben etiquetas verdes al inspeccionarse y confirmar que son seguros de ocupar luego de un evento peligroso. Este desempeño es adecuado para los edificios residenciales de refugio, negocios y servicios del vecindario y otros negocios o servicios considerados importantes para la recuperación de la comunidad.
C. Segura y no útil	Estas instalaciones satisfacen mínimos objetivos de seguridad, pero no son funcionales y permanecen cerradas hasta que se reparan. Estas instalaciones reciben etiquetas amarillas. Este desempeño puede ser adecuado para algunas de las instalaciones que apoyan la economía de la comunidad. La demanda de negocios y los factores del mercado determinarán cuándo deben ser funcionales.
D. Insegura: colapso parcial o completo	Estas instalaciones son peligrosas porque el alcance de los daños hace que la ocupación sea insegura. Estos edificios reciben etiquetas rojas.

Las siguientes secciones analizan las consideraciones de desempeño para diferentes grupos de edificios. Los objetivos de desempeño se establecen durante el proceso de planificación de resiliencia (Capítulo 4, Volumen 1) y se resumen en la tabla de objetivos de desempeño, tal como se analiza en la Sección 12.3.

No hay correlación establecida entre las categorías de desempeño y las de riesgo, aunque las comunidades pueden considerarlas de manera conjunta para la planificación de resiliencia. Por ejemplo, se puede designar un grupo de edificios diseñado para los criterios de la categoría de riesgo IV para tener desempeño de categoría A durante la recuperación. Lograr dicho desempeño necesitará comprensión del diseño y mantenimiento de los edificios individuales en el grupo.

16.2.1. Gobierno

En la mayoría de las comunidades, los centros de operaciones de emergencia, las instalaciones para grupos de primera respuesta, los aeropuertos, las prisiones y las plantas de tratamiento de agua y aguas residuales son edificios estatales. Estos edificios proporcionan servicios esenciales, ocupantes de refugios y equipos de refugios que apoyan los servicios esenciales. Por lo tanto, los edificios esenciales deben permanecer en funcionamiento, según lo que se define en la categoría A (seguro y en funcionamiento).

Es posible que otros edificios gubernamentales no necesiten estar en funcionamiento inmediatamente luego de un evento peligroso (p. ej., el ayuntamiento o el edificio administrativo del condado, las escuelas públicas, las estaciones de transporte público y los garajes y los centros comunitarios). Sin embargo, estos edificios pueden ser necesarios durante la etapa de recuperación a medio plazo. Un objetivo de desempeño adecuado para estos tipos de edificios podría ser la categoría A (seguro y en funcionamiento) o B (seguro y útil durante la reparación), según el papel en el plan de recuperación de la comunidad.

16.2.2. Cuidado de la salud

Las instalaciones médicas de emergencia son fundamentales para la respuesta y los esfuerzos de recuperación. Por lo tanto, los hospitales, las instalaciones fundamentales de cuidado de la salud y su infraestructura de apoyo deben estar en funcionamiento (categoría A) durante un evento peligroso o luego de este. Si bien es posible que no sea necesario que toda la instalación esté completamente en funcionamiento, las funciones críticas, como las salas de emergencia y los sistemas de apoyo vital, deben estarlo a medida que se restauran otras funciones. Los hospitales están diseñados para cumplir con los requisitos de la categoría de riesgo IV. Algunas comunidades locales o agencias federales imponen requisitos adicionales. Por ejemplo, California exige que se revisen todos los diseños de hospitales, independientemente de su ubicación o propiedad (municipal o privada) y que una agencia estatal supervise la construcción, además de que funcionarios locales de construcción la revisen.

Los hogares de ancianos y las instalaciones residenciales de tratamiento que albergan a pacientes que no pueden cuidarse por sí mismos deben estar en funcionamiento inmediatamente después de un evento peligroso. Las comunidades pueden determinar qué subconjuntos de consultorios médicos, farmacias (para obtener acceso a los medicamentos) y clínicas ambulatorias (para recibir diálisis u otros tratamientos en curso y de urgencia) también deben permanecer en funcionamiento. Es posible que algunos edificios de consultorios y farmacias médicas necesiten estar diseñados para cumplir con la categoría A o B, según su papel en la recuperación y resiliencia de la comunidad. En la mayoría de los casos, los edificios para estos tipos de consultorios médicos se diseñan actualmente como edificios de categoría de riesgo II.

16.2.3. Escuelas y guarderías

Muchas escuelas (desde preescolar hasta secundaria) están diseñadas para brindar un nivel de desempeño más alto (categoría de riesgo III) porque albergan grupos grandes de niños. Además, los gimnasios u otras zonas escolares a menudo se designan como refugios de emergencia durante eventos peligrosos. También se puede designar a las escuelas como zonas de agrupamiento de emergencia luego de un evento peligroso. Además, la Iniciativa de Resiliencia de la Ciudad de la Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana del Área de la Bahía de San Francisco (SPUR, por sus siglas en inglés) [2009] señaló que cuando los niños regresan a la guardería y a la escuela, se percibe que la comunidad regresa a la normalidad y que los padres pueden regresar a sus trabajos. De esta manera, la rápida reanudación de las funciones es importante para las escuelas de toda la comunidad.

Puede haber una combinación de requisitos de desempeño que deben cumplir las escuelas u otros edificios designados. Para su uso normal, puede que una escuela esté diseñada para la categoría de riesgo III y la categoría de desempeño B. Sin embargo, si la escuela o una parte de esta se utiliza como un refugio de emergencia, eso requiere un desempeño de la categoría de riesgo A. Según el peligro, las disposiciones de la categoría de riesgo III para las que están diseñadas la mayoría de las escuelas primarias pueden proporcionar un desempeño de la categoría de desempeño A o B. Por lo tanto, se deben evaluar a todas las escuelas designadas como refugios de emergencia para asegurar que estén diseñadas adecuadamente para su uso previsto.

Las instalaciones de educación superior son generalmente reguladas como ocupaciones de negocios (categoría de riesgo II) o de ensamblaje (categoría de riesgo III) con excepciones para usos específicos, como usos de laboratorios u otros usos de investigación. Las universidades de investigación pueden preocuparse por la protección de sus instalaciones de investigación, experimentos a largo plazo, especímenes y datos asociados. Sin embargo, es posible que dichas instalaciones no se hayan diseñado inicialmente para la protección de datos y especímenes durante eventos peligrosos o para la recuperación oportuna de la función.

Las guarderías albergan a niños jóvenes que necesitan asistencia para la movilidad y no pueden tomar decisiones, pero es posible que las poblaciones de las guarderías no cumplan con los requisitos de ensamblaje de la categoría de riesgo III. Por lo tanto, dichos centros pueden ubicarse en edificios que cumplan con los requisitos de la categoría de riesgo II. En algunas comunidades, existen requisitos adicionales para las ocupaciones de guarderías. En otros casos, existen algunas restricciones que vayan más allá de los requisitos del código básico para los edificios de la categoría de riesgo II. Las comunidades pueden decidir exigir que las guarderías estén diseñadas con un nivel de rendimiento más alto, similares a los edificios escolares.

16.2.4. Centros religiosos y espirituales

Los centros religiosos y espirituales desempeñan un papel especial en las comunidades. Pueden ofrecer un refugio seguro para las personas que padecen angustia emocional luego de un evento peligroso. Con frecuencia, estos edificios desempeñan un papel en la recuperación luego del evento. Muchas organizaciones religiosas operan redes de caridad que proporciona suministros a las personas después de un evento peligroso. En desastres anteriores, muchas instituciones religiosas abrieron sus puertas para proporcionar viviendas temporarias. Los edificios más nuevos pueden ser diseñados como edificios de categorías de riesgo II o III. Estos edificios también pueden ser de los más antiguos de una comunidad y construirse con materiales y métodos de construcción que registren un mal rendimiento en eventos peligrosos.

Si estas instalaciones cumplen un papel importante en el plan de recuperación de la comunidad, sería preferible una categoría de desempeño B. Sin embargo, una serie de factores podrían influir en su papel en la recuperación de la comunidad. Primero, la mayoría de estas instituciones son entidades sin fines de lucro, con pocos fondos para la mejora de la infraestructura. Segundo, muchos de los edificios históricos tendrían que modificarse para alcanzar los objetivos de desempeño deseados. Por lo tanto, la comunidad debe comprender el desempeño previsto de sus centros religiosos y espirituales y su papel en la recuperación de la comunidad.

16.2.5. Residenciales y de hospedaje

Las comunidades deben considerar si los edificios residenciales y los vecindarios albergarían a una parte importante de la población luego de un evento peligroso. No es necesario que las casas, los edificios de apartamentos y los condominios estén completamente en funcionamiento, como un hospital o un centro de operaciones de emergencia, pero deben albergar de manera segura a los ocupantes para fomentar la recuperación y reapertura de negocios y escuelas. Sin embargo, se deben desarrollar objetivos de desempeño más altos para las instalaciones que albergan a residentes vulnerables, como los hogares de ancianos y centros para personas de la tercera edad. Una casa o un apartamento puede quedarse sin energía o agua durante un período de tiempo razonable (p. ej., desde días hasta 1 o 2 semanas), pero puede ocuparse con seguridad. La importante destrucción de los vecindarios y el entorno construido de apoyo condujo a la migración de una parte considerable de la población después del impacto del huracán Katrina en Nueva Orleans [Plyer 2015]. Este nivel de desempeño de refugio es clave para la Iniciativa de Resiliencia de la Ciudad de SPUR [2009] e impulsó a la Ciudad de San Francisco a exigir una ordenanza de reacondicionamiento para las viviendas multifamiliares vulnerables.

Actualmente, las estructuras residenciales de unidades múltiples a menudo están diseñadas según las disposiciones de la categoría de riesgo II, excepto cuando el número de ocupantes es muy grande (p. ej., más de 5000 personas), entonces los diseños deben cumplir con los criterios de la categoría de riesgo III. Para las estructuras residenciales multifamiliares, existen dos tipos de construcción dominantes: de marco ligero (madera y acero obtenido en frío) y de acero estructural (laminado en caliente) o de concreto

reforzado. Las estructuras residenciales de marco ligero tienen diferentes problemas de desempeño que los edificios de acero estructural o de concreto reforzado, que suelen ser más grandes.

La mayoría de las viviendas de una y dos familias se construyen de acuerdo con el Código Internacional Residencial [IRC 2015]. Las disposiciones normativas del IRC están, en su mayoría, en consonancia con las requeridas para un edificio de categoría de riesgo II. Las viviendas de una y dos familias construidas de acuerdo con el código de edificación generalmente han tenido un buen desempeño en situaciones de terremoto a nivel de peligro de rutina o de diseño. En algunos casos, como los terremotos de Loma Prieta y Northridge, las viviendas de una o dos familias tuvieron un desempeño tan bueno como el de los edificios de diseño seguro, o mejor. Sin embargo, su desempeño en las tormentas a nivel de diseño puede ser muy variable, dependiendo de las características de construcción, como la trayectoria de carga continua, el tipo de revestimiento y la geometría del techo.

Es posible que una respuesta eficaz a algunos eventos peligrosos necesite administradores de emergencia y personal extracomunitarios. Si la mayoría de los edificios residenciales no están en funcionamiento ni son seguros para ocupar, es posible que la demanda de refugio temporal compita con la necesidad de albergar temporalmente a los trabajadores de respuesta y recuperación. Los hoteles y moteles pueden apoyar los esfuerzos de respuesta y recuperación si están en funcionamiento poco después del evento. Generalmente, estos edificios están diseñados para cumplir con los criterios de la categoría de riesgo II, como las estructuras residenciales multifamiliares, y puede que necesiten evaluarse de acuerdo con su desempeño previsto si son necesarios para la recuperación de la comunidad.

16.2.6. Negocios y servicios

Si bien sería ideal que todos los negocios de la comunidad abrieran poco después de un evento peligroso, puede ocurrir que ese resultado no sea viable. Muchas oficinas comerciales, tiendas minoristas y plantas de fabricación se ubican en edificios antiguos que posiblemente no funcionen adecuadamente durante un evento peligroso. Si han sido construidos recientemente, es posible que los edificios hayan sido diseñados según los criterios de la categoría de riesgo II. Sin embargo, algunos edificios comerciales pueden estar diseñados para alcanzar niveles de desempeño más altos.

Cada comunidad debe elegir los objetivos de desempeño de diseño y recuperación para sus negocios y servicios, según su papel en la recuperación comunitaria. Ciertos tipos de edificios comerciales pueden ser cruciales para el esfuerzo de recuperación. La comunidad necesita identificar los negocios que son críticos para la recuperación comunitaria y puedan cumplir con el nivel de desempeño deseado. Algunos negocios y servicios que suelen considerarse esenciales para la recuperación incluyen los siguientes:

- **Supermercados y farmacias:** las personas necesitan alimentos, agua, medicamentos y suministros de primeros auxilios luego de un evento peligroso. Los supermercados y las farmacias regionales o nacionales suelen tener redes de distribución sólidas que pueden reponer los suministros. Aunque la recomendación común de preparación es que las personas tengan 72 horas de alimentos y agua a disposición, no se deben hacer suposiciones sobre el cumplimiento real de esta orientación de 72 horas. Además, se debe evaluar la posible perturbación más allá de los tres días en función del peligro frecuente y la condición de los edificios y la infraestructura física. Por ejemplo, el plan de resiliencia de Oregón [OSSPAC 2013] recomienda que las personas tengan dos semanas de alimentos y agua a disposición en caso de que ocurra un evento de terremoto en Cascadia.
- **Bancos o instituciones financieras:** los bancos o las estructuras que albergan cajeros automáticos permiten tener acceso al dinero si tienen una fuente de energía independiente y comunicaciones en Internet.

- **Ferreterías y tiendas de mejoras para el hogar:** estos negocios proporcionan materiales de construcción para realizar trabajos de reparación, reconstrucción y apuntalamiento de emergencia de los edificios dañados.
- **Estaciones de servicio y refinerías de petróleo:** muchas comunidades dependen de los automóviles y camiones para realizar la mayoría de sus funciones de transporte. Es posible que la gasolina sea difícil de obtener durante un período de tiempo. Algunas casas y algunos negocios pueden depender de los generadores de emergencia durante los cortes eléctricos si tienen combustible. Puede que un evento perturbador afecte los sistemas de suministro de combustible, que pueden ser importantes durante los climas fríos cuando también se necesita calefacción.

Los edificios y otras estructuras que contienen sustancias tóxicas o explosivas pueden clasificarse como estructuras de categoría de riesgo II si se puede demostrar que el riesgo que supone la liberación de estos materiales al público es mínimo. Sin embargo, las comunidades deben verificar que el plan de gestión de riesgos aborde los peligros comunitarios y toda posible liberación que pueda ocurrir durante un evento peligroso o luego de este.

La resiliencia necesita de otros tipos de negocios, y los edificios que las albergan dependen en gran medida de la tolerancia de los negocios y la comunidad para que esos negocios se retrasen en la reapertura o el cierre. Muchos negocios de servicios profesionales pueden depender de empleados que trabajen de manera remota desde sus casas o espacios de oficina alternativos. Los negocios de fabricación, minoristas y de servicio alimentario pueden no tener ese lujo. Los clientes y sus empleados necesitan viajar hasta su ubicación. Si un restaurante o tienda no puede prestar servicios al público o una fábrica no puede fabricar sus productos, entonces pueden fallar los negocios. Perder estos negocios puede afectar de manera negativa la recuperación de la comunidad y la resiliencia a largo plazo debido a la pérdida de empleos y otros impactos económicos.

16.2.7. Sedes de congresos y eventos

Los centros de convención, los estadios y otras sedes para grandes eventos pueden ser importantes para la recuperación a largo plazo de muchas comunidades debido a los ingresos que estos tipos de eventos pueden generar. Generalmente, estas sedes están diseñadas para cumplir con los criterios de la categoría de riesgo III debido a la gran cantidad de ocupantes. Sin embargo, es posible que necesiten mejoras adicionales antes de que se consideren para su uso temporario como refugio o zona de agrupamiento de recuperación, incluidos los requisitos más allá de consideraciones estructurales si se van a utilizar para estos propósitos. Se deben tener en cuenta los sistemas de infraestructura física de apoyo, así como la viabilidad del suministro de alimentos y agua.

16.2.8. Instalaciones de detención y correccionales

Muchas comunidades tienen centros de detención y prisiones independientes. Generalmente, los códigos de edificación necesitan categorías de mayor rendimiento y riesgo para estos tipos de instalaciones porque las personas que se alojan en ellas no pueden evacuarse sin supervisión. El nivel de los requisitos de diseño mejorado varía según los requisitos de la instalación y de la jurisdicción federal, estatal o local. Se sugiere que estos tipos de instalaciones sean diseñados según el desempeño de la categoría A o B.

16.3. Objetivos de desempeño

El desempeño deseado y previsto de un grupo de edificios y su recuperación oportuna de la función deben considerarse desde la perspectiva de la resiliencia comunitaria. Con la ayuda de la tabla de resiliencia, se

puede sintetizar un resumen de las brechas entre el desempeño deseado y previsto para los grupos de edificios. La Tabla 12-3 muestra un ejemplo de la tabla de resiliencia para los grupos de edificios que se evaluaron para un tipo de peligro específico (p. ej., vientos, inundaciones, terremotos, etc.) y un nivel de peligro (p. ej., de rutina, de diseño o extremo). El *criterio de incidente* y los *niveles de restauración* enumerados en la parte superior de la Tabla 12-3 resumen el impacto general anticipado en la comunidad. Se discuten con más detalle en el Capítulo 4 del Volumen 1.

Dado que las comunidades están construidas para los peligros predominantes, el nivel de peligro de diseño proporciona la base de la planificación de resiliencia. Examinar la respuesta de los edificios y los sistemas de infraestructura a muchos niveles de peligro (p. ej., de rutina, de diseño o extremo) pueden proporcionar información y comprensión sobre el desempeño del sistema. Por ejemplo, es posible que los edificios o sistemas de infraestructura no funcionen adecuadamente a nivel de rutina, especialmente los sistemas más antiguos desarrollados con códigos y métodos más antiguos o los que no están bien mantenidos. Si el edificio o sistema de infraestructura desempeña un papel importante en la comunidad, puede desencadenar efectos dominó en otros edificios o sistemas. Dicho desempeño indica que posiblemente se necesiten opciones de mitigación o reacondicionamiento para mejorar la funcionalidad de la comunidad para eventos de rutina.

En el caso de los edificios, una comunidad debe identificar los grupos para los cuales se desean los mismos objetivos de desempeño. Todas las comunidades, ya sean grandes, pequeñas, urbanas o rurales, pueden utilizar la tabla de ejemplo, porque cada una de ellas decide la asignación de los edificios a los grupos. Los grupos de edificios enumerados en la columna de la izquierda de la Tabla 12-3 se unen como instalaciones críticas, viviendas de emergencias, viviendas y vecindarios y recuperación comunitaria. Estos grupos tienen la intención de reflejar la secuencia típica para la recuperación de la función luego de un evento peligroso.

Los porcentajes 30%, 60% y 90% indican la tasa deseada de recuperación con el fin de señalar cuántos edificios dentro del grupo se recuperan y funcionan durante las tres etapas (p. ej., a plazo corto, medio y largo) en la fila superior de la tabla.

Se estima y también se registra en la tabla el desempeño previsto de la construcción existente para cada grupo de edificios (al nivel del 90%) para el evento peligroso seleccionado. La diferencia entre el nivel deseado de restauración del 90% y el nivel de desempeño previsto del 90% la brecha que se debe abordar para mejorar la resiliencia comunitaria.

En la etapa I de recuperación, la función de construcción puede restaurarse inicialmente a un nivel mínimo o provisorio para apoyar las tareas esenciales que inician el proceso de recuperación. Por ejemplo, un centro de operaciones de emergencia (EOC) en el ayuntamiento puede tener suficiente energía para mantener su iluminación, sus teléfonos y sus computadoras, pero no para todo el edificio.

Tabla 12-3: Tabla de ejemplo para la construcción de objetivos de desempeño a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}	
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto

Grupos de edificios	Apoyo necesario ⁴	Desempeño del peligro de diseño								
		Etapa 1 Corto plazo			Etapa 2 Medio plazo			Etapa 3 Largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
		Categoría de desempeño del edificio								
A			B			C			D	
Instalaciones críticas										
Centros de operaciones de emergencia										
Instalaciones para grupos de primera respuesta										
Hospitales de cuidados intensivos										
Ocupantes no ambulatorios (prisiones, hogares de ancianos, etc.)										
Viviendas de emergencia										
Refugios temporarios de emergencia										
Viviendas unifamiliares y multifamiliares (refugio en el lugar)										
Viviendas/vecindarios										
Negocios minoristas críticos										
Centros religiosos y espirituales										
Viviendas unifamiliares y multifamiliares (funcional)										
Escuelas										
Hoteles y moteles										
Recuperación de la comunidad										
Negocios: fabricación										
Negocios: servicios básicos										
Negocios: servicios profesionales										
Sedes de congresos y eventos										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).



Es difícil para los diseñadores especificar los períodos de reparación de los daños previstos, ya que existen muchas fuentes de incertidumbre. Sin embargo, en función de las mejores prácticas, los eventos históricos y el criterio de los expertos, los diseñadores pueden estimar los niveles previstos de daño y, en función de eso, establecer la probabilidad de funcionamiento de los edificios que se encuentran dentro de un grupo.

Los edificios existentes en comunidades urbanas y suburbanas se diseñaron y construyeron según los códigos de edificación vigentes en ese momento, lo que posiblemente creó una gama de niveles de desempeño para el mismo tipo de edificios. Es posible que los pueblos rurales o las zonas no incorporadas tengan grandes conjuntos de edificios no construidos de acuerdo con ningún código o, al menos, anteriores a los códigos de edificación modernos. A veces, los edificios más antiguos se diseñaron de acuerdo con disposiciones que posteriormente se consideraron inadecuadas, pero rara vez se aplican de manera retroactiva las nuevas disposiciones. La Figura 12-1 muestra un edificio de mampostería no reforzada parcialmente derrumbado luego de un gran terremoto. Este tipo de construcción se desempeña de forma deficiente en terremotos, pero muchas comunidades no han ordenado el reacondicionamiento de este tipo de edificios para evitar daños o derrumbes.

Como parte del desarrollo de los objetivos de desempeño deseados para los grupos de edificios, la comunidad debe identificar si algún tipo de edificio representa un riesgo importante para la seguridad de los ocupantes o del público. Se pueden desarrollar programas de mitigación o reacondicionamiento para tratar los edificios que representan un riesgo importante para la seguridad, tales como ordenanzas de reacondicionamiento de edificios de mampostería no reforzada, requisitos de construcción elevada en zonas de inundación o la exigencia de refugios contra tormentas en las casas más modernas.

Los siguientes párrafos resumen el desempeño esperado de los eventos sísmicos, de inundación y de viento para cada categoría de desempeño.

Los edificios de la categoría de desempeño A deberían necesitar pocas reparaciones para volver a entrar en funcionamiento. A menudo, los factores externos como la disponibilidad de energía o agua limitan la recuperación de la función. Las instalaciones fundamentales deben tener planes para proporcionar energía y agua en el lugar luego de un evento peligroso.

Eventos sísmicos: puede haber algún daño en un edificio de la categoría A, pero se lo puede tratar con facilidad (es decir, estantes derribados o daños superficiales a la estructura), tal como se muestra en la Figura 12-2.

Eventos de inundación: se espera que los edificios de la categoría A se limiten principalmente a las partes expuestas del exterior del edificio. Si los edificios se elevan adecuadamente, las aguas de la inundación pueden llegar al subsuelo y a los sistemas de infraestructura de los edificios, pero no deben sobrepasar el primer piso ni mojar el interior. La Figura 12-3 muestra un ejemplo de un daño menor por inundación.

Eventos de viento: los edificios pueden experimentar daños menores en las cubiertas de los techos, las aberturas (p. ej., menos del 10% de puertas y ventanas rotas) y los acabados exteriores. La Figura 12-4 ilustra un daño menor causado por el viento.

Se espera que los edificios de la categoría de rendimiento B sufran daños en los contenidos, los acabados y los sistemas de revestimiento, pero deben tener una estructura estable. Puede haber daños no estructurales importantes, pero se puede utilizar el edificio mientras se repara.

Eventos sísmicos: la Figura 12-5 muestra imágenes de daños no estructurales importantes dentro de un edificio que tenía una estructura estable luego de un evento de terremoto. Puede tomar hasta varias semanas reparar los daños menores en las paredes o los revestimientos y limpiar el contenido caído.



Figura 12-2: Daños no estructurales en los acabados interiores luego de un evento de terremoto



Figura 12-3: Las aguas de la inundación llegaron justo debajo del primer piso de este edificio



Figura 12-4: Daños en la cubierta del techo, al revestimiento vinílico y al salpicadero como resultado del viento



Figura 12-5: Daños no estructurales importantes dentro de un edificio que tenía una estructura estable luego de un evento de terremoto

Eventos de inundaciones: los edificios pueden sufrir daños moderados por una profundidad limitada de inundación en el primer piso. Los cimientos pueden tener un desgaste o una erosión menor. Las paredes exteriores e interiores pueden tener manchas de agua y una posible contaminación que debe reemplazarse. Es posible que los pisos y sistemas eléctricos necesiten reemplazarse si se humedecen. Aunque el edificio puede tener una estructura estable, puede que no sea seguro para su uso hasta que se seque y limpie adecuadamente con el fin de evitar el crecimiento de moho, o hasta que se reemplace el panel de yeso. La Figura 12-6 muestra ejemplos de daños moderados causados por inundación.

Eventos de viento: los daños moderados causados por el viento pueden incluir daños de moderados a mayores en los sistemas de techos y acabados exteriores. Puede haber algún daño causado por el agua en el interior debido a la lluvia con viento. La Figura 12-7 muestra daños moderados causados por el viento.



Figura 12-6: Como resultado de una inundación estimada de 0,9-1,2 m (3-4 pies), se tuvieron que reemplazar las paredes interiores, así como también una puerta y ventana exteriores [Fuente: FEMA]



Figura 12-7: Pérdida de revestimiento y daños menores en el cerramiento del edificio de baja altura debido a un evento de viento [Fuente: FEMA]

Se espera que los edificios de la categoría de desempeño C sufran daños estructurales y no estructurales importantes. El daño estructural no causa inestabilidad estructural, pero puede necesitar apuntalamiento mientras se realizan las reparaciones. Este nivel de daño puede tardar semanas o meses en repararse.

Eventos sísmicos: la Figura 12-8 muestra daños estructurales, pero la estructura permanece estable. La Figura 12-9 muestra una de las diez conexiones de tirantes fracturadas en un piso de un edificio de cuatro pisos después de un evento sísmico. Las reparaciones tardaron más de tres meses antes de que se vuelva a ocupar el edificio.



Figura 12-8: Edificio de apartamentos con piezas estructurales dañadas, con una estructura estable



Figura 12-9: Conexiones de tirantes fracturadas en un edificio dañado en un terremoto

Eventos de inundaciones: para profundidades de inundación que están por encima del primer piso o inundaciones con agua en movimiento, pueden producirse daños en los cimientos que podrían incluir asentamientos y desgastes y erosiones severos. Es posible que las paredes exteriores puedan verse gravemente dañadas si faltan secciones grandes. Los pisos interiores y los acabados de las paredes necesitarán reemplazo. Aunque la estructura permanece estable, la deformación limitada del marco estructural puede ser evidente. Es necesario secar y limpiar adecuadamente antes para evitar el crecimiento de moho o reemplazar el panel de yeso. La Figura 12-10 muestra daños severos como resultado de las inundaciones.

Eventos de viento: los daños a los edificios pueden incluir pérdidas importantes en el laminado del techo, daños considerables por agua en el interior y daños menores y mayores en los revestimientos. Además, se pueden producir daños en el techo cuando su estructura se eleva desde las paredes. Es posible que sea necesario realizar grandes reparaciones y reemplazar los acabados interiores y los sistemas de revestimiento. La Figura 12-11 muestra daños severos causados por el viento.



Figura 12-10: Derrumbe de las paredes de cimentación debido a la presión hidrostática de las aguas de la inundación [Fuente: FEMA]



Figura 12-11: El viento y los escombros causados por el viento generaron daños importantes en los cristales de este edificio [Fuente: FEMA]



Figura 12-12: Derrumbe de un edificio de cinco pisos debido al desgaste (por inundación) de cimientos poco profundos [Fuente: FEMA]

No se pueden utilizar u ocupar los edificios de la categoría de desempeño D luego de un evento peligroso. Se pueden producir daños graves o derrumbes. Es posible que el nivel de este daño requiera que se retire la construcción y se construya nuevamente.

El ejemplo de la Figura 12-12 muestra un derrumbe estructural como resultado de eventos de inundación y viento. Estos daños tan graves requieren que se demuela el edificio y se lo construya nuevamente, posiblemente en una nueva ubicación.

16.4. Entorno regulador

Cada comunidad (la jurisdicción local) regula la construcción de edificios en todo Estados Unidos en base a los códigos de edificación que adoptan. Estos códigos de edificación se basan en códigos modelo y se modifican según sea necesario para adaptarse a las condiciones locales. Las modificaciones al código modelo a menudo se rigen por las regulaciones estatales, que varían ampliamente. Algunos estados no permiten que las jurisdicciones locales realicen modificaciones.

Generalmente, la jurisdicción local debe asegurar que la construcción inicial proporcione un grado razonable de seguridad a los usuarios y ocupantes del edificio. Luego de que se emita un certificado de ocupación, generalmente no hay requisitos de inspección o mantenimiento para las propiedades residenciales y, por lo general, solo se realizan inspecciones anuales de seguridad contra incendios para los edificios comerciales. Algunos propietarios de edificios controlan la condición de sus edificios de forma voluntaria y les realizan mejoras cuando es necesario. Los edificios de propiedad o arrendados por el gobierno federal se diseñan y construyen de acuerdo con las normas de dicho gobierno.

Los códigos de edificación modelo se desarrollan a nivel nacional para que los adopte todo el país. En los Estados Unidos, dos organizaciones publican códigos de edificación modelo para que los adopten las agencias federales o los gobiernos estatales o locales. El Consejo Internacional de Códigos publica uno de ellos, que se creó como una fusión de tres organizaciones que publicaban códigos de edificación modelo regionales. La Asociación Nacional de Protección contra Incendios publica el otro código. El Código de Edificación Internacional del ICC es el código modelo de edificación más adoptado; y el Código Internacional de Protección contra Incendios [ICC 2009] es el código contra incendios modelo más adoptado en los Estados Unidos. La mayoría de las agencias federales también utilizan estos códigos, con modificaciones específicas de cada una de ellas, como la base de sus requisitos de construcción. Estos códigos contienen muchas normas de referencia que suelen ser publicadas por organizaciones de desarrollo de normas sin fines de lucro, sociedades profesionales y grupos industriales. Las agencias federales, estatales y locales pueden modificar los códigos de edificación modelo y las normas de referencias para satisfacer sus objetivos específicos.

Si bien los códigos de edificación modelo especifican los requisitos mínimos que son aplicables en todo el país, los estados y las municipalidades locales pueden modificar los códigos de edificación modelo para lograr objetivos específicos para los peligros locales y regionales. Por ejemplo, en las zonas de Florida, se cambiaron los códigos de edificación para exigir una construcción más resiliente a los huracanes después del huracán Andrew [Tsikoudakis 2012]. Los cambios en los códigos incluyeron que se exigieran ciertos tipos de materiales para techos, ventanas y puertas más fuertes y una mayor inspección y aplicación de la ley.

De forma alternativa, algunos estados y algunas jurisdicciones locales adoptan los requisitos de los códigos de edificación modelo, pero los modifican o eliminan para hacerlos menos estrictos. Algunos estados tienen códigos que restringen o impiden las modificaciones de las jurisdicciones locales. Es posible que las comunidades necesiten coordinarse con los funcionarios estatales para facilitar la adopción local de los criterios de los códigos que son más estrictos que los estatales. De la misma manera, las jurisdicciones pueden verse limitadas para imponer requisitos a los sistemas regulados (p. ej., energía, comunicación, etc.) Algunas jurisdicciones solo adoptan los códigos modelo para los edificios de propiedad del gobierno o de ocupación específica, pero no para todos los edificios de su comunidad. Algunas comunidades no adoptan ni hacen cumplir ningún código de edificación.

Hacer cumplir los códigos y las normas de edificación es tan importante como adoptar códigos y normas de edificación. El nivel de cumplimiento puede afectar de manera significativa la resiliencia. Incluso si los códigos y las normas de edificación más actualizados están en vigor, los edificios diseñados y construidos de manera deficiente tienen un impacto negativo en la resiliencia comunitaria. Por lo tanto, poseer un departamento de edificación debidamente capacitado, para revisar los diseños de conformidad

con el código e inspeccionar la construcción para comprobar su conformidad con los planes aprobados, es un componente fundamental de resiliencia comunitaria.

16.5. Códigos y normas

Se desarrolló el *Código de Edificación Internacional* [IBC 2015], un código de edificación modelo generalmente adoptado, para proporcionar requisitos de diseño que “protejan la salud pública, la seguridad y el bienestar general a través de la resistencia estructural, los medios de evacuación, la estabilidad, el saneamiento, la luz y la ventilación adecuadas, la conservación de la energía, la seguridad para la vida y la propiedad contra incendios y otros peligros atribuidos al entorno de la construcción y para brindar seguridad a los bomberos y a los grupos de respuesta ante emergencias durante las operaciones de emergencia”.

El *Código Internacional Residencial* [IRC 2015] se adopta comúnmente para la construcción residencial de no más de tres pisos de altura. El IRC consiste de disposiciones de códigos prescriptivas, tablas y figuras que se pueden utilizar para construir una vivienda sin la necesidad de contratar a un profesional de diseño matriculado.

El *Código Internacional de Edificación Existente* [IEBC 2015] se utiliza para modificar las estructuras existentes, lo que incluye alteraciones, reparaciones, adiciones, reubicaciones o cambios en la ocupación. El IEBC proporciona flexibilidad en el uso de enfoques alternativos para lograr que se cumplan sus requisitos.

El *Código Internacional de Desempeño del Consejo de Códigos* [ICC 2015] proporciona un procedimiento para diseñar y revisar los problemas asociados con las secciones de materiales y métodos alternativos de los códigos IBC, IRC e IEBC para los edificios nuevos y existentes.

El desempeño esperado de cada edificio depende de los códigos y las normas vigentes en el momento de la construcción, así como el nivel de cumplimiento y mantenimiento. Los códigos y las normas de edificación son dinámicos y se mejoran regularmente. Muchos de los cambios en los códigos y las normas se deben al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías, en respuesta a los desastres, o a nuevas investigaciones sobre las debilidades percibidas. La naturaleza cambiante de los códigos de edificación y su cumplimiento, combinada con la degradación que se produce con el paso del tiempo, da como resultado un conjunto de edificios con capacidades variables que resisten los eventos peligrosos. A menos que se sometan los edificios a una importante renovación, por lo general no se espera que se actualicen los códigos de edificación actuales. Consulte la Sección 12.6.3 en este capítulo.

Los códigos y las normas de edificación para una nueva construcción se basan en el consenso de las mejores prácticas y los mejores métodos en el momento en que se redactan. Luego de un evento peligroso importante, se puede modificar el código de edificación según los daños o las fallas observadas. Algunas disposiciones, cuando se modifican, se vuelven retroactivas o se hacen cumplir durante las renovaciones. Algunos ejemplos de ellos son la protección de las evacuaciones, la accesibilidad para las personas que tienen capacidades diferentes y los requisitos del sistema de extinción de incendios.

Los códigos y las normas también desempeñan un papel importante al evaluar el desempeño del conjunto de edificios existente en una comunidad. La combinación de los tipos de edificios, construcciones y edades puede plantear desafíos importantes al desarrollar planificaciones para una comunidad resiliente. El conocimiento de la adopción y el cumplimiento de códigos y normas en el pasado mejorará la comprensión del desempeño previsto de los grupos de edificios y del tiempo que transcurre hasta la recuperación de las funciones.

16.5.1. Nuevas construcciones

Se necesitan criterios de diseño adecuados para las nuevas construcciones con el fin de alcanzar los objetivos de resiliencia comunitaria a largo plazo. Es posible que se necesiten revisar los códigos modelo para alcanzar el desempeño deseado de una comunidad. Dichos cambios pueden añadir costos adicionales, pero son menores en relación con los costos asociados con las reparaciones, el reacondicionamiento de los edificios existentes o la reconstrucción.

La Tabla 12-4 muestra niveles de peligro para los edificios y otras estructuras (tomado del Capítulo 4, Volumen 1). La tabla se basa en el código ASCE 7-10 [ASCE/SEI 2010]. Los peligros se enumeran de dos maneras que transmiten la misma probabilidad de ocurrencia: como un intervalo medio de ocurrencia en el tiempo entre eventos con la misma intensidad o magnitud (período de recurrencia medio, MRI [por sus siglas en inglés]) o como la probabilidad de que el nivel del evento ocurra en un período de 50 años. La descripción de la probabilidad de ocurrencia ayuda a transmitir la posibilidad relativa de que se produzca un evento peligroso durante el mismo período de tiempo. Para cada peligro predominante, se incentiva a las comunidades a determinar los tres niveles de peligro: de rutina, de diseño y extremo.

El nivel de peligro de rutina está por debajo del nivel de diseño para el entorno construido y se produce con más frecuencia. Este evento tiene una gran probabilidad de que se produzca (del orden de 50% durante un período de 50 años). A este nivel, los edificios y sistemas de infraestructura de resiliencia deben permanecer en funcionamiento y no sufrir ningún daño importante que pueda perturbar las funciones sociales de la comunidad.

El nivel de peligro de diseño se utiliza en códigos y normas para construcciones, puentes y sistemas de infraestructura física similares. Los eventos de nivel de diseño tienden a tener una probabilidad de ocurrencia del orden del 10% durante un período de 50 años para las estructuras tradicionales y están en consonancia con los criterios de diseño de la categoría de riesgo II para los edificios. El nivel de peligro de diseño para un edificio o componente de infraestructura específico puede ser mayor, en función de su ocupación y de las clasificaciones de categoría de riesgo. Para respaldar la resiliencia comunitaria, los edificios y sistemas de infraestructura deben ser lo suficientemente funcionales como para apoyar la respuesta y la recuperación de la comunidad.

El nivel de peligro extremo excede el nivel de diseño para el entorno construido. (Los peligros de movimientos sísmicos de la tierra se refieren al evento máximo considerado, que tiene una base probabilística que se complementa con datos históricos). Hay una pequeña probabilidad de que se produzcan eventos extremos, del orden del 2% al 3% durante un período de 50 años. El nivel de peligro extremo debe incluir peligros extraños, que pueden afectar de forma plausible a la comunidad y puede incluir cambios previstos a largo plazo en los peligros debidos al cambio climático. Las instalaciones y los sistemas de infraestructura críticos deben permanecer de forma parcial en funcionamiento, con la capacidad para apoyar la respuesta y recuperación de la comunidad. Otros edificios y sistemas de infraestructura deben funcionar a un nivel que proteja a los ocupantes, aunque es posible que estos necesiten ser rescatados y que los edificios no puedan ocuparse de forma segura hasta que se completen las reparaciones más importantes o hasta que sea necesario demolerlos y volver a construirlos.

Cuando los niveles de peligro no se definen mediante un código, la comunidad puede establecer una situación hipotética o un nivel de peligro según la orientación disponible o en la frecuencia prevista de ocurrencia. Este caso se indica en la Tabla 12-4 mediante la *determinación local*.

Tabla 12-4: Niveles de peligro para edificios e instalaciones

<i>Peligro</i>	<i>De rutina</i>	<i>De diseño</i>	<i>Extremo</i>
Nieve terrestre	MRI de 50 años o 64% en 50 años	MRI ¹ de 300 a 500 años o 15% a 10% en 50 años	A determinar ⁴
Lluvia	Determinación local ²	Determinación local ²	Determinación local ₂
Viento: sin huracán	MRI de 50 a 100 años o 64% a 39% en 50 años	MRI de 700 años o 7% en 50 años	MRI ³ de 1700 años o 3% en 50 años
Viento: con huracán	MRI de 50 a 100 años o 64% a 39% en 50 años	MRI de 700 años o 7% en 50 años	MRI ³ de 1700 años o 3% en 50 años
Viento: con tornado	Determinación local ³	Determinación local ³	Determinación local ₃
Terremoto ⁴	MRI de 50 años o 64% en 50 años	MRI de 500 años o 10% en 50 años	MRI de 2500 años o 2% en 50 años
Tsunami	Determinación local ³	Determinación local ³	Determinación local ³
Inundación	Determinación local	MRI de 100 a 500 años o 39% a 10% en 50 años	Determinación local
Incendio: incendio forestal	Determinación local ⁴	Determinación local ⁴	Determinación local ₄
Incendio: urbano/provocado por el hombre	Determinación local ⁴	Determinación local ⁴	Determinación local ₄
Explosión/Terrorismo	Determinación local ⁵	Determinación local ⁵	Determinación local ₅

¹ Para el noreste, 1,6 veces (el factor de diseño del diseño del factor de carga y resistencia [LRFD, por sus siglas en inglés] en carga de nieve) la carga de nieve terrestre de 50 años equivale a la carga de nieve de 300 a 500 años.

² La lluvia está diseñada por su intensidad de pulgadas por hora o mm/h, según lo especificado por el código local.

³ No se abordan las cargas de tornados y tsunamis en el ASCE 7-10. Actualmente, la Escala Fujita (EF) clasifica los tornados. Consulte FEMA 361 [2015] para obtener las velocidades de viento de la escala EF en caso de tornados.

⁴ Se determinarán los peligros junto con profesionales de diseño según las situaciones hipotéticas deterministas.

⁵ Se determinarán los peligros según las situaciones hipotéticas deterministas.

Peligros del viento. El ASCE 7-10 [ASCE/SEI 2010] prescribe las velocidades del viento de diseño para cada categoría de riesgo. Para la categoría de riesgo I, el período medio de retorno es de 300 años para las instalaciones que presentan un bajo riesgo para la vida humana y que suelen ser edificios desocupados. Para las instalaciones de la categoría de riesgo II, que generalmente incluye edificios y otras estructuras,

el período de retorno es de 700 años. Para las instalaciones de la categoría de riesgo III y IV, el período de retorno es de 1700 años. Las velocidades del viento que tienen su origen en estos períodos de retorno se basan en vientos extratropicales (no huracanes) y vientos de huracanes. Actualmente, no es necesario que las cargas de viento se consideren en el diseño de los edificios, excepto para el diseño de los refugios contra tornados. FEMA P-361 [2015a] y ICC-500 [2014] proporcionan orientación sobre el diseño y la carga de los vientos provenientes de los tornados para estos refugios.

La mayor parte de los requisitos de diseño del viento abordan el marco estructural y los sistemas de revestimiento. Los requisitos de funcionalidad se abordan directamente a través de métodos y requisitos de diseño, como la resistencia de la fijación de los componentes no estructurales (p. ej., sistemas de tuberías y paneles exteriores). El IBC exige que se tenga en cuenta el límite de desviación (es decir, el desplazamiento lateral) entre los pisos bajo una carga reducida de viento (el factor se aproxima a un MRI de 100 años). No hay requisitos explícitos de diseño estructural para el cerramiento del edificio que aseguren la función posterior al evento, pero existen algunos requisitos prescriptivos para las puertas y ventanas.

Peligros de la nieve. Las cargas de diseño de nieve del ASCE 7-10 se basan en un intervalo medio de recurrencia para las cargas de nieve terrestre de 50 años. Se incrementa con un importante factor para las estructuras de mayor categoría de riesgo.

Peligros de la lluvia. Las cargas de diseño de lluvia del ASCE 7-10 se basan en una tormenta de 100 años con una tasa de lluvia que depende del tiempo (generalmente 60 minutos) como el peligro de diseño, con cargas que aumentaron en un 60% para justificar la incertidumbre en la predicción de las lluvias en un evento importante. Sin embargo, la mayoría de las disposiciones de la lluvia se relacionan con proporcionar un drenaje adecuado y rigidez al techo para evitar que se estanque (es decir, la bajada de la superficie del techo que genera un estanque de agua). No hay requisitos del código para que el cerramiento del edificio mantenga su capacidad de evitar la filtración de agua.

Peligros de las inundaciones. Las disposiciones de diseño de inundaciones para todos los edificios suelen basarse en un MRI de 100 años para la elevación de la inundación, aunque las elevaciones de las inundaciones de 500 años se recomiendan para el diseño de instalaciones fundamentales. La práctica recomendada es ubicar los edificios fuera de la zona de la inundación de 100 años. Si deben permanecer dentro de la zona de inundación, las disposiciones de la gestión de la llanura aluvial y los códigos de edificación exigen que se deben elevar por encima de la elevación de la inundación de diseño. Los edificios que se utilizan para tareas no residenciales pueden ser resistentes a la inundación en seco hasta la elevación de la inundación si no están sujetos a las fuerzas de las olas o a las inundaciones de alta velocidad. Para estructuras sujetas a inundaciones, las disposiciones actuales proporcionan métodos para evitar las fuerzas de las inundaciones o resistir a ellas, pero puede que no sean suficientes para preservar la funcionalidad del edificio durante un evento como este.

Las disposiciones de diseño de inundaciones no son completamente prescriptivas ni se basan en el desempeño. Al contrario, son una combinación de ambos. Los requisitos de elevación se consideran prescriptivos porque los mapas de inundaciones y los códigos locales se encargan de la elevación. Con respecto a otros requisitos, como los diseños de los edificios que resisten la flotación, el derrumbe y el movimiento lateral, el diseño se basará en el desempeño.

Peligros sísmicos. Desde hace tiempo se reconoce que diseñar para los eventos sísmicos necesita un enfoque diferente de otros peligros. Las fuerzas sísmicas y los requisitos de diseño del ASCE 7-10 hacen que los edificios se dañen, pero no permite que se derrumben. Luego del terremoto de San Fernando en 1971, se exigió que los hospitales fueran diseñados con un estándar más alto, lo que mejoró de manera significativa la probabilidad de que siguieran funcionando después del terremoto de diseño.

El énfasis puesto en los requisitos de diseño para los sistemas no estructurales es una distinción importante entre las disposiciones de diseño sísmico y las disposiciones de diseño para otros peligros naturales [FEMA 2009a, ASCE 2010]. Muchos sistemas no estructurales cuentan con requisitos de

arriostamiento. Además de los requisitos nombrados anteriormente, los sistemas no estructurales en instalaciones y sistemas esenciales que respalda la seguridad en la vida diaria deben mantenerse en funcionamiento o retornarlo luego de un peligro sísmico de diseño.

Peligros de incendios. El desempeño de los edificios durante los incendios se aborda mediante los códigos de edificación e incendios. La altura, la zona, el diseño y los materiales de construcción para un edificio, así como la distancia de separación de otras estructuras están limitados por las consideraciones del código de edificación. Los funcionarios de construcción regulan el diseño y la construcción de un nuevo edificio, pero los bomberos suelen hacer cumplir el código contra incendios a nivel local y estatal. El objetivo principal de un código contra incendios es promover la seguridad contra estos, de la vida de las personas y de los grupos de primera respuesta, así como la protección de la propiedad. Los requisitos abarcan una serie de cuestiones de la seguridad vital y contra incendios relacionadas con el funcionamiento y el uso del edificio luego de su construcción, incluido el mantenimiento y uso de sistemas y equipos de protección contra incendios, la seguridad de los ocupantes y la gestión de peligros. Los códigos contra incendios también hacen referencia a muchas normas que abordan los requisitos de inspección y mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios, equipos, líquidos inflamables y combustibles, gas licuado del petróleo (LP, por sus siglas en inglés), procesos peligrosos y otras cuestiones relacionadas.

Los códigos de edificación se originaron como regulaciones locales para hacer frente a los incendios y la salud pública. Los requisitos de protección contra incendios pasivos incluyen limitaciones en los materiales de construcción y acabados interiores, así como compartimientos, además de suministros de vías de evacuación para los ocupantes del edificio. También se proporcionan los requisitos para los sistemas de protección contra incendios activos, como sistemas automáticos de riego contra incendios en edificios residenciales, de cuidado de la salud y de montaje. Luego del desastre del World Trade Center (WTC), se amplió el alcance de los códigos de edificación para incluir la protección para los grupos de respuesta ante emergencias luego de un evento importante.

Las amenazas de incendio que se generan fuera del edificio se han tratado tradicionalmente a través de disposiciones para la separación exterior del fuego y los materiales de acabado exterior. Más recientemente, a medida que ha aumentado la cantidad de estructuras ubicadas en la interfaz urbano-rural (WUI, por sus siglas en inglés), se está abordando la amenaza de propagación de incendios forestales. Algunas municipalidades estatales y locales tienen directrices o requisitos de códigos que limitan o prohíben el uso de materiales combustibles exteriores y vegetación circundante para los edificios ubicados en zonas de riesgo de incendios forestales. Algunos ejemplos de estos requisitos son la prohibición de materiales específicos para techos y revestimientos. Se puede encontrar orientación adicional en el Código Internacional de Interfaz Urbano-Rural [ICC 2011] y en el Programa FireWise de Comunidades de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios [NFFPA 2015].

Peligros provocados por el hombre. Los códigos y las normas no tienen requisitos explícitos de diseño estructural para los peligros provocados por el hombre (p. ej., incendios intencionales, explosiones o eventos de impacto), aunque algunas disposiciones nominales tratan de proporcionar robustez para detener la propagación de daños, para que no se produzca un derrumbe desproporcionado.

Muchos requisitos en el IBC exigen la distribución de las instalaciones y medidas de mitigación de riesgos para evitar explosiones de materiales contenidos en los edificios. Existen directrices para el diseño de los peligros provocados por el hombre para edificios específicos [FEMA 2003, FEMA 2005], edificios federales [DoD 2008] e instituciones industriales. Estas directrices pueden tener una distribución restringida porque contienen información confidencial o sensible a la seguridad.

16.5.2. Edificios existentes

Los edificios existentes suelen suponer desafíos mayores que los edificios nuevos. Para los nuevos edificios, se pueden modificar o volver a escribir los códigos. Aunque es posible que los costos de construcción aumenten en cierto modo, se diseñarán nuevos edificios de acuerdo con el estado de la práctica. En cambio, el reacondicionamiento de los edificios existentes al nivel deseado de resiliencia puede exigir un compromiso financiero considerable y necesitar una perturbación importante de la función del edificio, lo que tiende a disuadir a los propietarios de reacondicionarlos.

El costo y la perturbación asociados con el reacondicionamiento pueden también hacer que las medidas de reacondicionamiento obligatorias sean una decisión impopular desde el punto de vista político. En California, por ejemplo, solo los edificios de mampostería no reforzada tuvieron un amplio apoyo como tipo de edificio que debería reacondicionarse de manera obligatoria, ya que son los más vulnerables a derrumbarse durante un terremoto.

Para los edificios que se construyeron antes del desarrollo de las disposiciones de inundación o de la adopción de estas disposiciones en una comunidad, existe un desencadenante en el Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones (NFIP, por sus siglas en inglés) que exige que se realice el reacondicionamiento para cumplir con las disposiciones de inundación actuales. Los edificios dentro de las zonas designadas en situación de peligro de inundación (generalmente la llanura aluvial de 100 años) que sufren daños de cualquier origen, para los cuales el costo que conlleva reparar el edificio y dejarlo en las mismas condiciones previas a los daños se asemejen o excedan el 50% del valor de mercado del edificio, deben cumplir con las disposiciones actuales de inundación.

Esto se aplica de igual manera para las mejoras o la rehabilitación de los edificios cuando el costo se asemeja o excede este límite. El Código Internacional de Edificación Existente (IEBC, por sus siglas en inglés) regula reparaciones, alteraciones, adiciones y cambios en la ocupación y dicta varios desencadenantes de este tipo para el momento en que se debe hacer un reacondicionamiento. Sin embargo, el cumplimiento de este requisito puede ser una tarea difícil, particularmente en un entorno posterior al desastre cuando las comunidades están ansiosas por apoyar a los propietarios de los edificios en la reconstrucción.

16.6. Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria

16.6.1. Orientación disponible

Las normas actuales de diseño proporcionan herramientas para apoyar la evaluación de la seguridad estructural de los edificios. El ASCE/SEI 41 [2013], la norma sísmica para evaluar y reacondicionar los edificios existentes proporciona una metodología para evaluar el desempeño de los edificios para la seguridad y la reocupación luego de un terremoto. Las directrices de diseño para la consolidación incremental de FEMA P-420 brinda información con respecto al reacondicionamiento de los edificios. El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC, por sus siglas en inglés)-45 [2004] proporciona una metodología de evaluación y una orientación de reocupación para aquellos daños relacionados con los eventos de viento e inundación. No existen normas similares para otros peligros.

Se pueden utilizar las disposiciones de los códigos de edificación para determinar si un edificio tiene suficiente resistencia al fuego, salidas para evacuación y otros problemas relacionados con la seguridad de los ocupantes. Estas metodologías son útiles para la seguridad individual del edificio, pero no abordan los niveles de daños ni tiempo de recuperación para funcionar.

Hazus [FEMA 2015b] proporciona una herramienta para que las comunidades evalúen su vulnerabilidad a los terremotos, huracanes y otros peligros. Hazus es útil para evaluar los efectos de un desastre en una

comunidad. Sin embargo, el conjunto de edificios existentes se debe reflejar de forma adecuada en el modelo, lo que puede requerir una importante recopilación de datos.

Existen varios recursos para que los dueños de las propiedades, los diseñadores y las comunidades comprendan las mejores prácticas de diseño y construcción resistentes al viento y a las inundaciones, los cuales incluyen lo siguiente:

- El Manual de Construcción Costera: principios y prácticas de planificación, ubicación, diseño, construcción y mantenimiento de edificios residenciales en zonas costeras de FEMA P-55 (Volúmenes I y II [2011])
- Los Principios y prácticas de diseño para reacondicionar los edificios inundables de FEMA P-259 [2012a]
- La Guía de reacondicionamiento para propietarios de viviendas: seis maneras para proteger la vivienda contra las inundaciones de FEMA P-312 [2014]
- La Guía de diseño para mejorar la seguridad escolar en caso de terremotos, inundaciones y vientos fuertes de FEMA P-424 [2010a]
- La Guía del constructor de viviendas para la construcción costera: serie de hojas de datos técnicos de FEMA P-499 [2010b]
- La Construcción residencial recomendada para las zonas costeras: construir sobre cimientos firmes y seguros de FEMA P-550 [2009b]
- La Guía para la adecuación de los edificios para resistir la fuerza del viento de FEMA P-804 [2010c]
- La Guía de impermeabilización de edificios no residenciales de FEMA P-936 [2013]
- La Norma para la construcción residencial en regiones de alta energía eólica de ICC 600 [2008]
- La Guía de diseño 2 sobre la ingeniería básica eólica para los edificios de baja altura de ATC [2009]

16.6.2. Soluciones para construcciones futuras

Para construcciones futuras, se deben evaluar los objetivos de desempeño deseados y los códigos de edificación adoptados actualmente para determinar si se requieren requisitos locales complementarios. Las categorías de riesgos que se encuentran actualmente en los códigos de construcción pueden apoyar los niveles deseados de desempeño y los objetivos de resiliencia. Al establecer el desempeño deseado del edificio para un evento peligroso en términos de rendimiento y recuperación del funcionamiento, las comunidades pueden agregar disposiciones a los códigos y las normas de edificación locales que apoyan los objetivos de resiliencia específicos. A medida que las comunidades reconstruyen o construyen nuevos edificios, existe una oportunidad para capturar los objetivos de resiliencia de esta a través de modificaciones del código de edificación.

Es posible que algunas comunidades también necesiten abordar las condiciones cambiantes, como el aumento del nivel del mar, que intensifica el impacto de los eventos de diseño, como las inundaciones costeras. Por ejemplo, se espera que algunas zonas costeras se encuentren por debajo del nivel del mar para el 2100.

Soluciones ante las inundaciones. Para el diseño y la construcción resistentes a las inundaciones, existen mejores prácticas a ser implementadas por las comunidades o los individuos además de los requisitos mínimos del código. Una práctica básica, pero eficaz, es ubicar todas las nuevas construcciones fuera de las zonas de inundación. Además, puede ser efectivo el uso de altura adicional, o altura libre, en el diseño del edificio.

Se puede abordar principalmente el riesgo asociado con la construcción existente propensa a inundaciones a través de técnicas de reacondicionamiento:

- **Elevación:** es una de las técnicas más comunes de reacondicionamiento por inundaciones porque proporciona un alto nivel de protección y no exige que se desplace el propietario. La elevación implica levantar el piso más bajo o la pieza estructural horizontal más baja que esté en el nivel de inundación regulado o por encima de este. Las técnicas de elevación comunes incluyen la elevación sobre pilotes, pilares o columnas, y la elevación en paredes de cimentación extendidas.
- **Protección contra inundaciones:** hay dos tipos de protecciones contra inundaciones.
 - La protección contra inundaciones en húmedo permite que las aguas de la inundación ingresen al edificio y alcancen con rapidez el mismo nivel que las del exterior del edificio. Al igualar el nivel de agua se reduce en gran medida los efectos dañinos de la presión hidrostática y la flotabilidad. La protección contra inundaciones en húmedo se utiliza en general para limitar los daños en los cerramientos que se encuentran debajo de edificios elevados, sótanos, sótanos de pequeña altura o garajes. La protección contra inundaciones en húmedo no es factible para las áreas utilizadas como espacio habitable.
 - La protección contra inundaciones en seco implica hacer que un cerramiento a prueba de inundación en seco sea sustancialmente impermeable a las aguas de la inundación y proporcionar una bomba de sumidero para afrontar las filtraciones mínimas que pueden esperarse. Debido a las presiones hidrostáticas, la protección contra inundaciones en seco es solo práctica para los edificios con paredes de concreto reforzado o de mampostería, normalmente no es práctica para edificios residenciales ni para edificios donde las profundidades de inundación superan los 0,6 a 0,9 m (2 a 3 pies). Se puede encontrar más información en FEMA P-936 [2013].

Soluciones ante los vientos. Se fomentan prácticas de diseño y construcción más sólidas para la resistencia al viento a través de una variedad de recursos existentes con objetivos principales de mejorar las conexiones de trayectoria de carga continua, fortalecer los cerramientos de los edificios y proteger las aberturas.

Para los edificios sujetos a los peligros de viento, las siguientes soluciones son ampliamente aceptables como las más eficaces para hacer frente a los siguientes daños posibles:

- **Mejora de los revestimientos de techos y paredes:** los revestimientos de techos y paredes son componentes importantes de los revestimientos del edificio. Si se rompe el revestimiento del edificio en una tormenta, la presión del viento puede aumentar drásticamente la presión interna y provocar que falle el sistema estructural. La lluvia impulsada por el viento que ingresa a través de la rotura del revestimiento puede causar grandes daños en el contenido interior. La mejora de los revestimientos del techo puede implicar reforzar la cubierta, asegurarla, quitar la existente e instalar una nueva. Mejorar las cubiertas de las paredes puede implicar la instalación de barreras antihumedad y asegurar que se utilice el espaciamiento adecuado de los sujetadores, o quitar el revestimiento existente e instalar uno nuevo que esté apto para resistir vientos fuertes.
- **Protección de las aberturas:** las aberturas (p. ej., ventanas, puertas, claraboyas, sofitos y respiraderos) son importantes para asegurar la integridad del revestimiento del edificio. Las aberturas acristaladas, como las ventanas, suelen ser vulnerables al impacto de los escombros y a la intrusión de la lluvia con viento. Las aberturas de protección generalmente implican la instalación de una cubierta resistente al impacto (como persianas contra tormentas) sobre una abertura sin protección o de productos resistentes al impacto (como ensamblajes de puertas o ventanas).

- **Trayectoria de carga continua:** el término “trayectoria de carga continua” se refiere a la construcción que resiste todas las cargas, como las presiones laterales y de elevación de viento. Una trayectoria de carga continua comienza en el punto o la superficie donde se aplican las cargas, se mueve a través de la estructura, continúa hasta los cimientos y transfiere las cargas a los suelos que sostienen el edificio. Para ser eficaz, cada vínculo en la trayectoria de carga (desde el techo hasta los cimientos) debe transferir cargas sin fallas. Generalmente, el diseño de trayectoria de carga continua implica una serie de conexiones aprobadas, como el laminado a la estructura del techo, la estructura del techo a la pared, de la pared al piso y del piso a los cimientos.

Soluciones ante las lluvias. Las lluvias dañan principalmente los edificios a través de la retención de agua en techos de inclinación baja a través de dos mecanismos que dan como resultado la recolección de agua allí: el drenaje inadecuado y el estanque.

- **Provisión de un drenaje adecuado:** las fallas en los techos de los edificios debido a las lluvias son a menudo el resultado de drenajes obstruidos o de tamaño insuficiente. Los drenajes deben mantenerse limpios. Se puede evaluar el sistema de drenaje primario y secundario según los requisitos actuales del código de edificación para determinar si son suficientes para las cargas de lluvia.
- **Provisión de suficiente inclinación o rigidez en el techo:** otra manera común en la que los techos pueden fallar en períodos de lluvias es debido al estanque que se produce cuando el techo produce un desvío. Si no hay suficiente inclinación o rigidez, las aguas de lluvia se pueden acumular en los estanques creados donde la estructura del techo produce un desvío. A medida que aumentan las aguas de lluvia, la estructura produce un mayor desvío, lo que permite que se acumule más agua hasta que las piezas del techo se sobrecargan. Se puede evaluar la rigidez de las piezas del techo frente al estanque. En general, es más fácil proporcionar una inclinación adicional para mitigar el estanque que reforzar las piezas de la estructura.

Soluciones ante incendios. Los incendios son un riesgo secundario de muchos otros peligros, como los sismos y el viento. El reacondicionamiento de las estructuras existentes con sistemas automáticos de riego suele ser una manera eficaz para que muchas comunidades reduzcan la amenaza inmediata del riesgo de incendios en las construcciones existentes.

Para los peligros de incendios, es posible que no sea suficiente una protección activa contra incendios a través de sistemas de extinción automática (AES, por sus siglas en inglés) para proporcionar seguridad a los ocupantes y protección a la propiedad durante algunos eventos peligrosos o después de estos. Se pueden considerar otras medidas para casos donde los sistemas de riego no logren extinguir los incendios. Sin embargo, las soluciones para combatir incendios también pueden verse afectadas por la pérdida de energía, el suministro de agua o el acceso adecuado del departamento de bomberos.

16.6.3. Soluciones para las construcciones existentes

Los códigos y las normas de edificación evolucionan, pero se exige poco cumplimiento retroactivo porque el costo del reacondicionamiento puede ser importante en relación con los valores de la propiedad. Puede existir una fuerte resistencia al reacondicionamiento de los edificios porque puede generar desafíos debido al costo, los inconvenientes para los ocupantes de los edificios y la perturbación de las operaciones. Sin embargo, cuando se identifican las necesidades de reacondicionamiento como parte de la planificación de resiliencia comunitaria, que incluye objetivos a largo plazo, se puede respaldar la necesidad de tales mejoras. Por ejemplo, los edificios de mampostería no reforzada en zonas de alto riesgo sísmico pueden suponer una amenaza para la seguridad de la vida de los ocupantes. También se pueden utilizar los edificios más antiguos para los componentes de infraestructura importantes, como una base para las antenas de comunicación de teléfonos celulares o para albergar centros de datos.

Cuando se considere necesario, se pueden priorizar los requisitos de reacondicionamiento. Para el peligro predominante, se deben identificar las consecuencias comunitarias más importantes de la falla para varios tipos de edificios. Luego, la comunidad puede tomar decisiones acerca de si la mejor decisión es proporcionar incentivos para los reacondicionamientos, establecer órdenes, crear criterios para demoler los edificios u otras alternativas.

Dados los desafíos mencionados anteriormente con la construcción existente, la planificación de resiliencia comunitaria debe tener una visión a largo plazo para lograr la resiliencia. Por ejemplo, la ciudad de Los Ángeles creó una ordenanza que exige que los edificios de concreto más antiguos que presenten un riesgo importante de derrumbe durante un gran terremoto sean reacondicionados en el plazo de los próximos 30 años.

Soluciones ante las inundaciones. En los edificios existentes, también se pueden aplicar la elevación y la protección contra inundaciones. Sin embargo, puede que la reubicación sea la opción más eficaz a lo largo del tiempo.

- **Reubicación:** la reubicación ofrece la mejor protección frente a las inundaciones. Implica trasladar un edificio existente a una zona que sea menos vulnerable a las inundaciones o que esté completamente fuera de la llanura aluvial. La reubicación incluye la elevación de un edificio desde sus cimientos, transportarlo a un nuevo sitio y bajarlo a un cimiento preconstruído. Se puede encontrar más información en FEMA P-259 [2012a].

Soluciones ante los vientos. En algunos estados, los programas existentes recompensan las medidas de reacondicionamiento eólico a través de descuentos en el seguro de los propietarios de viviendas. La Guía para la adecuación de los edificios para resistir la fuerza del viento de FEMA P-804 [2010c] proporciona más información sobre las técnicas específicas para el reacondicionamiento eólico de los edificios residenciales. Por ejemplo, es posible reacondicionar un edificio existente si las trayectorias de carga son incompletas o si las conexiones de estas no son adecuadas. Además, el Instituto de Seguros para la Seguridad de las Empresas y el Hogar desarrolló un programa denominado “Fortified” que fomenta los reacondicionamientos eólicos para las construcciones nuevas y existentes [IBHS 2013].

Soluciones ante la nieve. Para los edificios sujetos a los peligros de la nieve, el enfoque más eficaz es evaluar y reforzar el techo según sea necesario. Los códigos de edificación más antiguos no caracterizaban adecuadamente los efectos de la brizna o de la lluvia sobre la sobrecarga por nieve. Esto puede lograrse por medio del uso de las disposiciones actuales del código de edificación de diseño de carga de nieve para determinar las cargas que podría resistir el techo. También, los equipos que se hayan agregado sobre el techo posteriormente al diseño del edificio pueden crear desviaciones, que añaden carga al techo. Reforzar el techo o trasladar los equipos puede mitigar este problema.

Soluciones ante los sismos. Para los edificios sujetos a los terremotos, se encuentran disponibles muchos recursos que describen los métodos de reacondicionamiento sísmico. Generalmente, los métodos de reacondicionamiento se basan en el aumento de componentes estructurales deficientes, lo que añade nuevos sistemas de marcos estructurales o paredes para complementar el sistema de resistencia de fuerza lateral existente.

- ***Aumento de la interconexión estructural:*** en construcciones más antiguas, las conexiones entre las piezas estructurales y los cimientos suelen tener deficiencias. En edificios más antiguos de mampostería e inclinados de concreto, el anclaje del techo a la pared es una deficiencia común. En esos edificios, las paredes se desprenden del techo durante un terremoto, lo que provoca el derrumbe del techo y la pared. La mitigación de esto es directa si se añaden conexiones suplementarias entre el techo y las paredes. En edificios más antiguos con estructuras reforzadas de acero, las conexiones de los soportes generalmente no tienen la resistencia requerida debido al uso de materiales más débiles y detalles de conexión menos avanzados, lo que da como resultado una fractura. En edificios más antiguos con estructuras de acero, es probable que las conexiones de los soportes a las columnas se fracturen, lo que ocurrió durante el terremoto en Northridge en 1994 [FEMA 2000a, 2000b]. En tales casos, la mitigación suele implicar el fortalecimiento de las conexiones o la adición de nuevos elementos estructurales para quitar la carga de las estructuras que tienen conexiones más débiles [FEMA 2000a, 2000b].
- ***Adición de nuevos elementos de fuerza lateral:*** muchos edificios antiguos no tienen la fortaleza o la ductilidad para resistir las fuerzas sísmicas. Esto suele ocurrir con frecuencia en algunos edificios de concreto más antiguos, en los que se halló que los requisitos mínimos de refuerzo del código eran inadecuados después del terremoto de San Fernando en 1971. Otro ejemplo son las paredes sin refuerzo que se encuentran por debajo de la altura total del piso en una estructura de construcción residencial ligera. Para estos edificios, se recomienda construir nuevas paredes o estructuras con soporte para reforzar la estructura y reducir las demandas de las piezas más antiguas. Para construcciones de estructuras ligeras, se puede utilizar madera contrachapada para proporcionar soporte.
- ***Aumento de las piezas existentes:*** en algunos casos, las piezas estructurales no tienen la fortaleza ni la ductilidad requerida para resistir las fuerzas de los terremotos. Una solución posible puede ser aumentar los elementos existentes para proporcionar más fuerza, que es menos invasiva que la adición de nuevos elementos estructurales. Las formas más comunes en que se produce este aumento son cuando se agrega más concreto y refuerzo a las paredes y columnas de concreto, lo que permite que los elementos de concreto se junten con los elementos de polímero reforzado con fibra o las fundas de acero.

Los ejemplos de publicaciones que proporcionan orientación sobre cómo reacondicionar los edificios para la resiliencia a los terremotos son los siguientes:

- ***ASCE 41-13 [ASCE 2013]:*** evaluación y reacondicionamiento sísmicos de los edificios existentes. Se trata de una norma consensuada que permite que los usuarios realicen una evaluación y un reacondicionamiento con las disposiciones basadas en el desempeño, que corresponden a una intensidad de temblor sísmico con un nivel de desempeño específico. Muchos códigos y muchas jurisdicciones de edificación las utilizan como referencia.
- ***FEMA 549 [FEMA 2006]:*** Techniques for Seismic Retrofit. Esta publicación proporciona ejemplos de métodos para el reacondicionamiento sísmico de varios tipos de materiales de construcción y configuraciones estructurales. Contiene ejemplos de estrategias de reacondicionamiento y detalles para abordar las deficiencias identificadas.
- ***FEMA P-807 [FEMA 2012b]:*** Seismic Evaluation and Retrofit of Multi-Unit Wood-Frame Buildings with Weak First Stories, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias

16.6.4. Priorización de la estrategia

Se deben priorizar las brechas en el desempeño deseado con base en las brechas más importantes, las brechas beneficiosas a mitigar o el impacto en la comunidad. Incluso las pequeñas mejoras en el desempeño de los edificios tienen grandes impactos positivos en la resiliencia comunitaria.

Hacer que una comunidad sea más resiliente es una propuesta a largo plazo. Las comunidades pueden desarrollar objetivos de resiliencia a corto, medio o largo plazo para abordar la resiliencia. Generalmente, los objetivos a corto plazo se relacionan con la creación de un plan de resiliencia y la modificación de los códigos y las normas de edificación. Esto puede tener el efecto positivo de no agregar más edificios no resilientes a un grupo. Los objetivos a medio y largo plazo suelen relacionarse con el reacondicionamiento incentivado u obligatorio de los grupos específicos de edificios. A menudo, la diferencia entre los objetivos de reemplazo o reacondicionamiento a medio y largo plazo se basa en el importe del costo asociado con el reemplazo o reacondicionamiento.

Como ejemplo, la ciudad de San Francisco creó un Plan integral de ejecución de seguridad sísmica [Ciudad y condado de San Francisco 2011]. El plan establece una variedad de objetivos para mejorar la resiliencia de la ciudad ante un terremoto importante. El reacondicionamiento de grandes edificios multifamiliares con estructura de madera se consideró suficientemente importante y conllevaba costos algo más bajos asociados con este (en comparación con el reacondicionamiento de otros edificios), por lo que se tuvo en cuenta un objetivo a medio plazo. Si bien sigue siendo un peligro importante, se identificó el reacondicionamiento de edificios de concreto grandes y antiguos como un objetivo a largo plazo, en parte porque el costo y la perturbación del reacondicionamiento de estos era mucho mayor. También, el reacondicionamiento obligatorio de los grandes edificios de concreto no habría protegido a tantos residentes como el reacondicionamiento obligatorio de los edificios de apartamentos residenciales con estructura de madera.

16.7. Referencias

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2010) *ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Segunda Edición, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2013) *ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2013) *ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Consejo de Tecnología Aplicada (ATC 2003) *ATC-58-2: Preliminary evaluation of methods for defining performance*, Consejo de Tecnología Aplicada (ATC), Redwood City, California.

Consejo de Tecnología Aplicada (ATC 2004) *ATC-45: Field Manual: Safety Evaluation of Buildings after Windstorms and Floods*, Consejo de Tecnología Aplicada (ATC), Redwood City, California.

Consejo de Tecnología Aplicada Technology Council (ATC 2009) *ATC Design Guide 2: Basic Wind Engineering for Low-Rise Buildings*, Consejo de Tecnología Aplicada (ATC), Redwood City, CA.

Departamento de Defensa (DoD 2008) *Criteria de Instalaciones Unificadas (UFC): DoD Security Engineering Facilities Planning Manual*, UFC 4-020-01. DoD, Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2000a) *FEMA-351: Recommended Seismic Evaluation and Upgrade Criteria for Existing Welded Steel Moment-Frame Buildings*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2000b) *FEMA-355F: State of the Art Report on Performance Prediction and Evaluation of Steel Moment-Frame Buildings*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2003) *FEMA-426: Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*. Serie de Gestión de Riesgos, Diciembre, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2005) *FEMA-452: Risk Assessment A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*, Serie de Gestión de Riesgos, Enero, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2006) *FEMA 549, Hurricane Katrina in the Gulf Coast: Mitigation Assessment Team Report, Building Performance Observations, Recommendations, and Technical Guidance*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2009a) *FEMA P-750: NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2009b) *FEMA P-550: Recommended Residential Construction for Coastal Areas: Building on Strong and Safe Foundations*, Segunda Edición, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2010a) *FEMA P-424: Design Guide for Improving School Safety in Earthquake, Floods, and High Winds*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2010b) *FEMA P-499: Home Builder's Guide to Coastal Construction: Technical Fact Sheet Series*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2010c) *FEMA P-804: Wind Retrofit Guide for Residential Buildings*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2011) *FEMA P-55 (Volumen I y II): Coastal Construction Manual: Principles and Practices of Planning, Siting, Designing, Constructing, and Maintaining Residential Buildings in Coastal Areas*, Cuarta Edición. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2012a) *FEMA P-259: Engineering Principles and Practices for Retrofitting Flood-Prone Residential Structures*, Tercera Edición, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2012b) *FEMA P-807: Seismic Evaluation and Retrofit of Multi-Unit Wood-Frame Buildings with Weak First Stories*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2013) *FEMA P-936: Floodproofing Non-Residential Buildings*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2014) *FEMA P-312: Homeowner's Guide to Retrofitting: Six Ways to Protect your Home from Flooding*, Tercera Edición, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2015a) *FEMA P-361: Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes*, Tercera Edición, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2015b) *Hazus Multi-Hazard Program*. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC, <https://www.fema.gov/hazus>.

IBC (2015) *Código de Edificación Internacional*, Consejo Internacional de Códigos, <http://shop.iccsafe.org/codes/2015-international-codes-and-references/2015-international-building-code-and-references.html>.

Instituto de Seguros para la Seguridad de las Empresas y el Hogar (IBHS 2013) *FORTIFIED Overview*, Tampa, FL, <https://disastersafety.org/fortified/fortified-home/>. Última revisión el 18 de abril de 2015.

Consejo Internacional de Códigos (ICC 2009) *Código Internacional de Protección contra Incendios*, Country Club Hills, IL.

Consejo Internacional de Códigos (ICC 2011) *Código Internacional de Interfaz Urbano-Rural*, Country Club Hills, IL.

Consejo Internacional de Códigos (ICC 2014) *ICC 500-2014: ICC/NSSA Standard for the Design and Construction of Storm Shelters*, Country Club Hills, IL.

Consejo Internacional de Códigos (ICC 2015) *ICCPC: 2015 International Code Council Performance Code for Buildings and Facilities*, Consejo Internacional de Códigos, Country Club Hills, IL.

Consejo Internacional de Códigos, Inc. (ICC 2008) *Standard for Residential Construction in High-Wind Regions*, Country Club Hills, IL.

IRC (2015) *Código de Edificación Internacional*, Consejo Internacional de Códigos, <http://shop.iccsafe.org/codes/2015-international-codes-and-references/2015-international-residential-code-and-references.html>.

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA 2015) *FireWise Communities*, Asociación Nacional de Protección contra Incendios, Battery Park, MA. <http://www.firewise.org/?sso=0>.

Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregon (OSSPAC 2013) *The Oregon Resilience Plan: Reducing Risk and Improving Recovery for the Next Cascadia Earthquake and Tsunami*, Informe a la 77.ª Asamblea Legislativa de la Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregon, Salem, OR.

Plyer, A. (2015) "Facts for Features: Katrina Impact," *The Data Center*, Nonprofit Knowledge Works, Agosto 28, <http://www.datacenterresearch.org/data-resources/katrina/facts-for-impact/>.

Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco, (SPUR 2009) *The Resilient City: What San Francisco Needs from its Seismic Mitigation Policies*, Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco (SPUR), San Francisco, CA.

La Ciudad y El Condado de San Francisco (CAPSS 2011) *Earthquake Safety Implementation Program*, San Francisco, CA.

Tsikoudakis, M. (2012) "Hurricane Andrew prompted better building code requirements: Some regions seeing new building codes," *Business Insurance*, Crain Communications, 19 de agosto, <http://www.businessinsurance.com/article/20120819/NEWS06/308199985>.

17. Sistemas de transporte

18. Resumen ejecutivo de los sistemas de transporte

Dependencia comunitaria. Los sistemas de transporte son fundamentales para las comunidades. Las personas utilizan a diario varios sistemas de transporte para viajar hacia y desde el trabajo y la escuela, visitar familiares y amigos, asistir a reuniones de negocios y llegar a las instalaciones médicas durante situaciones de emergencia. Los negocios utilizan camiones, barcos, trenes y aviones para transportar los bienes desde su lugar de producción a su lugar de uso o consumo. Si bien las carreteras y los puentes son una parte fundamental de la red de transporte, las comunidades también dependen de otros sistemas de transporte, que incluyen los siguientes:

- Aeropuertos para transportar a personas y bienes a largas distancias en un corto período de tiempo.
- Vías ferroviarias para transportar a pasajeros y bienes a nivel regional o nacional.
- Líneas de metro o corredores de metro ligero en grandes centros urbanos para transportar a las personas hacia y desde el trabajo y actividades de entretenimiento y ocio.
- Muelles y puertos para importar y exportar bienes a todo el mundo y distribuirlos en las vías navegables interiores.
- Vías navegables internas, como el Río Misisipí, para transportar a personas y bienes.
- Terminales de transbordadores/vías fluviales para transportar la fuerza laboral hacia y desde el trabajo (p. ej., Nueva York, San Francisco, Seattle).
- Tuberías para transportar gas natural y petróleo a nivel nacional y regional a las empresas de servicios públicos y refinerías.

Complejidades. El sistema de transporte en su conjunto es complejo porque las personas y los negocios suelen depender de muchos modos de transporte. Cuando se afecta de forma negativa un punto de conexión entre los modos, puede provocar retrasos en el viaje o interrupciones de entrega. Los sistemas de muchos modos y los puntos de conexión se suman al desafío de coordinar actividades para construir la resiliencia del sistema de transporte y las comunidades a las que apoya.

La infraestructura del transporte puede desempeñar un papel importante en la preparación para los eventos de peligros naturales para los cuales existe una advertencia avanzada y un apoyo a la recuperación luego de un evento. Antes de un evento, es posible que las familias necesiten viajar a sus casas y luego seguir las rutas de evacuación a refugios seguros. Luego de un evento, la infraestructura del transporte es fundamental para que los grupos de primera respuesta lleguen al lugar donde se encuentran las personas que tienen necesidad, para que los equipos de energía eléctrica y comunicación restauren las líneas de servicios públicos y para que los miembros de la comunidad puedan acceder a los suministros fundamentales que necesitan.

Vulnerabilidades. Al planificar para un evento peligroso y comenzar el proceso de recuperación luego de que se produce un evento, las comunidades deben considerar toda vulnerabilidad en las redes de transporte que pueda afectar seriamente su capacidad para lograr la recuperación completa en el medio y largo plazo. Las comunidades también deben considerar mejorar el nivel del desempeño de las redes de transporte en caso de eventos peligrosos futuros. Las necesidades intermedias de transporte comunitario pueden incluir las siguientes: la capacidad de los empleados del sector público para llegar a sus puestos, la capacidad de los miembros comunitarios para llegar al trabajo, la escuela, los comercios minoristas y los hospitales, y la capacidad para tener acceso a los aeropuertos, puertos, muelles y estaciones de ferrocarril para viajar y realizar negocios. A largo plazo, las comunidades deben esforzarse por ir más allá de la

simple recuperación al dar prioridad a las mejoras a las redes de transporte, en particular las piezas que fallaron o fueron la fuente de estrés en la red.

Dependencias. Los sistemas de infraestructura críticos para la recuperación y restauración de la comunidad, tanto antes como después del evento, dependen en gran medida de los sistemas de transporte. Estos sistemas de infraestructura críticos incluyen sistemas de energía, comunicación, de agua y aguas residuales y edificios. Por ejemplo, las plantas de energía eléctrica dependen de los envíos a granel de carbón o combustible por garraba y transporte ferroviario y centrales de gas dependen de las tuberías de gas natural. El sistema de energía también depende de los sistemas de transporte para que los equipos de reparación puedan llegar a zonas donde se han producido las fallas energéticas y poner en línea los servicios rápidamente.

Resiliencia comunitaria. La infraestructura de carreteras y autopistas, ferrocarriles, transporte aéreo, puertos, muelles, vías fluviales y tuberías tienen vulnerabilidades reconocidas a los eventos peligrosos. En esta Guía, los objetivos de desempeño de resiliencia comunitaria para el sistema de transporte se definen por la rapidez con la que se recupera la funcionalidad de los sistemas de infraestructura luego de un evento peligroso. Se puede minimizar el tiempo de inactividad durante el diseño o al desarrollar e implementar planes de recuperación bien preparados (ambos son ideales). Un panel de partes interesadas clave compuesto por propietarios y operadores del sistema comunitario, ingenieros, planificadores, reguladores, representantes de códigos y normas y representantes de otros sistemas de infraestructura deben establecer los objetivos de desempeño para el sistema de transporte.

Objetivos de desempeño. Los objetivos de desempeño para el sistema de transporte son necesarios para apoyar la priorización de los componentes del sistema que son más críticos para la respuesta y recuperación de la comunidad. La priorización en relación con los objetivos de desempeño asegura que los esfuerzos que mejoran la resiliencia se enfoquen en acciones que aporten el mayor beneficio para la comunidad. Las prioridades para cada sistema que apoya las funciones de ingreso, evacuación y transporte comunitario dependen del papel que desempeña el sistema en la comunidad. La capacidad de cada sistema para prestar servicios de manera eficaz a estas funciones es un equilibrio entre el volumen de personas o bienes que el sistema puede transportar y su capacidad para interactuar con la comunidad local y la región circundante.

Códigos y normas. La industria de transporte utiliza normas para establecer los criterios mínimos aceptables para el diseño y la construcción. El Departamento de Transporte de cada estado suele adoptar y hacer cumplir los códigos y las normas de transporte, aunque muchas jurisdicciones locales también pueden imponer los requisitos locales adicionales. Aunque la práctica varía un poco, en su mayor parte los manuales y las prácticas de diseño del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT, por sus siglas en inglés) siguen de cerca las directrices de la Política de la Asociación Estadounidense de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés). La Administración Federal de Carreteras (FHWA, por sus siglas en inglés) es responsable de aprobar el diseño de las autopistas del Sistema Nacional de Autopistas. La FHWA adoptó la Política de la AASHTO como el conjunto de valores y criterios de diseño aplicables a dichas instalaciones. Aunque la adopción de las normas es importante, la aplicación es clave para asegurar el cumplimiento del entorno construido con estas normas.

Para la construcción de nuevos transportes, las directrices actuales de desarrollo del proyecto federal o estatal exigen un estudio ambiental en las primeras etapas de los proyectos para identificar los posibles impactos ambientales y los requisitos de permisos estatales y federales. Una Declaración de Impacto Ambiental (EIS, por sus siglas en inglés), una Evaluación Ambiental (EA, por sus siglas en inglés) y otros procesos similares requieren la participación de la comunidad local. Puede que estos procesos sean una oportunidad importante para que la comunidad analice los criterios y objetivos de desempeño de resiliencia para el proyecto, independientemente de si están cubiertos por los códigos. Por ejemplo, una comunidad podría solicitar que el objetivo de desempeño exceda los criterios de una inundación de

500 años para un proyecto de autopista interestatal, con el fin de asegurar el funcionamiento continuo en un evento extremo de inundación.

El diseño de los sistemas de transporte se ha ido puliendo con el tiempo; sin embargo, los sistemas de transporte existentes suelen estar sujetos a los códigos y las normas para los que fueron diseñados inicialmente. Generalmente, no hay ningún requisito para que se mejore la infraestructura de transporte con el fin de cumplir con las nuevas normas a medida que se desarrollan, a excepción de las directrices de la Administración Federal de Carreteras (FHWA) para el reacondicionamiento sísmico de los puentes aplicado en la década del 80. Sin embargo, es posible realizar mejoras para cumplir con los criterios de las normas actuales durante los reacondicionamientos. Por ejemplo, al momento de planificar el reacondicionamiento de un puente o túnel de una autopista, la comunidad debe considerar la posibilidad de mejorar otras características del sistema para cumplir con los objetivos actuales de desempeño y proteger la inversión que se está realizando.

Soluciones de resiliencia. Las soluciones de resiliencia para las construcciones nuevas o futuras deben comenzar en la etapa de planificación del proyecto. La selección de la ubicación del lugar, la alineación y el nivel del grado pueden aumentar la resiliencia con el menor costo e impacto en el cronograma. Para proyectos nuevos de transporte de superficie, las opciones que deben aprovecharse cuando estén disponibles son colocar carreteras, vías y bocas de túneles en un grado naturalmente alto, ubicar los cimientos de los puentes fuera de la vía fluvial cuando sea factible y evitar que las carreteras se corten en pendientes laterales inestables. Asimismo, en el caso de los aeropuertos cercanos a masas de agua y puertos marítimos, elevar los componentes críticos de infraestructura y evitar los suelos inestables durante terremotos mejorará el desempeño del sistema.

Para aumentar la resiliencia de la infraestructura de transporte existente, una buena estrategia es priorizar primero los activos del transporte por su grado de criticidad para apoyar la resiliencia comunitaria y su vulnerabilidad ante los daños o las pérdidas causados por un evento. Luego de priorizar los activos, se puede desarrollar un plan para mejorar la resiliencia con el fin de cumplir con las necesidades a corto y largo plazo.

18.1. Introducción

Los sistemas de transporte son fundamentales para nuestras vidas cotidianas. Las personas utilizan los sistemas de transporte para viajar hacia y desde el trabajo y la escuela, visitar a familiares y amigos, asistir a reuniones de negocios y controlar su salud. Sin embargo, la red de transporte satisface muchas más necesidades que las de los individuos. Las empresas utilizan camiones, barcos, trenes y aviones para transportar los bienes desde el lugar de producción hasta el lugar de uso o consumo. Por ejemplo, se suele transportar alimentos desde el productor (p. ej., una granja) a una planta de procesamiento y empaquetado, luego a un centro de distribución regional o nacional y, finalmente, a las tiendas locales donde los pueden comprar los consumidores. Todos los pasos en este ejemplo de distribución de productos dependen en gran medida de los sistemas de transporte.

En general, las personas piensan que los sistemas de transporte son carreteras y puentes para transportar bienes y personas. Aunque las carreteras y los puentes son una parte fundamental de la red de transporte, las comunidades también dependen de otros sistemas de transporte, que incluyen los siguientes:

- Aeropuertos para transportar a personas y bienes a largas distancias en un corto período de tiempo.
- Vías ferroviarias para transportar a pasajeros y bienes a nivel regional o nacional.
- Líneas de metro o corredores de metro ligero en grandes centros urbanos (p. ej., Nueva York, D.C., Chicago, Los Ángeles) para transportar a las personas hacia y desde el trabajo, y lugares de entretenimiento y ocio.

- Muelles y puertos para importar y exportar bienes a todo el mundo y distribuirlos en las vías navegables interiores.
- Vías navegables internas, como el Río Misisipí, para transportar a personas y bienes.
- Terminales de transbordadores y vías fluviales para transportar la fuerza laboral hacia y desde el trabajo (p. ej., San Francisco, Nueva York, Seattle).
- Tuberías² para transportar gas natural y petróleo a nivel nacional y regional hacia las empresas de servicios públicos y refinerías.

El sistema de transporte es completo, ya que cuenta con muchos modos y cada uno posee sus propias complejidades. Estas complejidades pueden hacer que las actividades de coordinación entre los sistemas para la resiliencia comunitaria sean todo un desafío. Algunos ejemplos de complejidades incluyen los siguientes:

- Dentro de una zona geográfica pequeña (es decir, una comunidad), muchas partes interesadas pueden tener la responsabilidad del diseño, el funcionamiento, el mantenimiento y la financiación de las redes de transporte, entre las que se incluyen las agencias públicas locales, estatales y federales, así como los operadores privados de las vías de peaje.
- El sistema ferroviario incluye las redes de carga, que son clave para apoyar la actividad económica, y los servicios ferroviarios de pasajeros dentro de las ciudades y a través de los estados, que pueden tener muchas partes interesadas públicas y privadas.
- El transporte marítimo incluye el transporte nacional e internacional de pasajeros y bienes en todas las regiones. Es posible que las distintas regiones tengan sus propias normas y directrices para el diseño, el funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas de transporte marítimos. En el caso de los transbordadores de pasajeros, la falta de normalización de los requisitos de atraque limita la transferencia de los buques para apoyar la recuperación tras los eventos peligrosos.
- El sistema de aviación incluye los aeropuertos públicos y privados de varios tamaños, con partes interesadas públicas y privadas, que apoyan los servicios de transporte aéreo comerciales de carga y de pasajeros. Los campos de aviación tienen el tamaño adecuado para satisfacer las necesidades de aterrizaje de las aeronaves y es posible que las aeronaves más grandes no puedan aterrizar en aeropuertos más pequeños.

Muchas personas dependen de varios modos de transporte (es decir, transporte intermodal) todos los días. Los comercios utilizan muchos sistemas de transporte para trasladar bienes de manera eficiente y económica. De manera similar, es posible que los bienes se importen en barcos; sin embargo, para que los bienes pasen del barco al siguiente paso en la cadena de suministro se requieren camiones o sistemas de ferrocarril. La Sección 13.1.2 contiene un análisis más detallado sobre el transporte intermodal.

Este capítulo aborda el papel del sistema de transporte en la resiliencia comunitaria. Para abordar la resiliencia de su infraestructura, las comunidades primero necesitan comprender la manera en que el sistema de transporte ayuda a la comunidad y luego deben caracterizar los sistemas de transporte existentes. Este paso incluye identificar las partes responsables de la condición y el mantenimiento de la infraestructura, los organismos reguladores y otras partes interesadas clave. Las comunidades deben trabajar con las partes interesadas para determinar los objetivos de desempeño deseados para la infraestructura del transporte y evaluar el desempeño previsto de la infraestructura existente para los eventos predominantes. Determinar las diferencias entre el desempeño deseado y previsto del sistema identificará los nodos y los vínculos débiles en la red y ayudará a las comunidades a priorizar las actualizaciones propuestas para mejorar la resiliencia de los componentes individuales de la red y, en

² Las tuberías se incluyen en el capítulo sobre transporte porque las regula el Departamento de Transporte. Las tuberías acuáticas se analizan en el Capítulo 15.

consecuencia, la red de transporte en su conjunto. La Sección 13.3 proporciona una tabla de objetivos deseados que las comunidades pueden utilizar para identificar el desempeño deseado y previsto de los sistemas de transporte y las brechas en el desempeño.

18.1.1. Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales

Las necesidades sociales de las comunidades impulsan los objetivos de desempeño que deben ser definidos por ellas, el propietario de la infraestructura y las partes interesadas, como se analizó en el Capítulo 10. Las necesidades sociales de la comunidad incluyen las de los miembros de la comunidad, los comercios locales, las cadenas de suministro de los comercios nacionales y multinacionales, la industria y el gobierno. Cada comunidad debe definir sus propios objetivos de desempeño basándose en el tiempo necesario para que se recupere su infraestructura después de un evento peligroso para tres niveles de peligro: de rutina, esperado y extremo, tal como se define en el Capítulo 4 (Volumen 1).

Aunque no se pueden predecir todos los eventos naturales peligrosos, el sistema de transporte puede desempeñar un papel importante antes de que se produzca un evento de esta índole con advertencia temprana (es decir, huracán) y luego de un evento peligroso. Antes de que se produzca un evento, los sistemas de transporte permiten lo siguiente:

- Transporte de los residentes a sus casas desde sus trabajos, escuelas o guarderías.
- Capacidad para evacuar a refugios o comunidades seguras distantes.

Luego de un evento peligroso, la comunidad puede tener necesidades de recuperación a corto (de 0 a 3 días), medio (de 1 a 12 semanas) o largo plazo (de 4 a 36 meses o más). Para el transporte, las necesidades a corto plazo pueden incluir las siguientes:

- Acceso para que los grupos de respuesta ante emergencias (bomberos, paramédicos, policía) lleguen a las personas en situación de necesidad.
- Acceso para que los trabajadores restauren las instalaciones críticas e infraestructura de apoyo (energía, comunicaciones, agua, aguas residuales).
- Acceso a instalaciones de refugio, atención médica, bancos, comercio y alimentos.
- Si es necesario, salida o evacuación de una comunidad de forma inmediata luego de un evento peligroso.
- Ingreso de bienes y suministros de manera inmediata luego de un evento para proporcionar ayuda.

Es necesario que las comunidades también consideren las vulnerabilidades en las redes de transporte que pueden afectar gravemente la recuperación total. Los planes de resiliencia deben considerar las maneras de mejorar el nivel del desempeño de las redes de transporte para que estén preparadas para el próximo evento. Las necesidades de transporte a medio y largo plazo pueden incluir las siguientes:

- Capacidad de los empleados del sector público (que dirigen el gobierno, el tráfico y los sistemas de transporte, responden a las emergencias y enseñan o trabajan en las escuelas) para llegar a sus puestos.
- Capacidad de los miembros comunitarios para llegar al trabajo, la escuela, las instalaciones médicas, las sedes de deporte y entretenimiento y los lugares de reunión para eventos religiosos o culturales.
- Acceso a comercios (pequeños y grandes), bancos, tiendas minoristas, fábricas e instalaciones similares para que puedan recibir suministros y brindar servicios a sus clientes.

- Acceso a instalaciones de transporte clave (aeropuertos, puertos/muelles, estaciones ferroviarias), para que se puedan transportar los bienes y se pueda restaurar la cadena de suministro.

Las comunidades deben esforzarse por ir más allá de la simple recuperación al priorizar y planificar las mejoras en las secciones de la red de transporte que abordan sus necesidades sociales actuales y futuras.

18.1.2. Dependencias

El Capítulo 11 detalla las dependencias de todos los sistemas de infraestructura críticos en una comunidad. A medida que el entorno construido en las comunidades se hace más complejo y los diferentes sistemas se vuelven más dependientes unos de otros para la prestación de servicios, abordar la cuestión de las dependencias se convierte en un aspecto cada vez más importante de la resiliencia.

Los sistemas de transporte desempeñan un papel fundamental en el apoyo mutuo, así como en los servicios críticos y otros sistemas de infraestructura. Los hospitales, las estaciones de bomberos, la policía y otros sistemas de respuesta ante emergencias dependen del transporte antes y después de que se produzca un evento peligroso, así como durante la ocurrencia de este. La evacuación depende de la capacidad de las carreteras, las vías fluviales, los aeropuertos y los ferrocarriles, así como la capacidad del gobierno para administrarlos. Los esfuerzos de auxilio se ven obstaculizados hasta que se reparan los daños en los sistemas de transporte.

Las dependencias específicas en el sistema de transporte incluyen las siguientes:

- **Energía:** muchas plantas de energía dependen de los envíos a granel de carbón o combustible a través de garrabas y transportes ferroviarios de bienes para su funcionamiento. Las centrales de gas dependen de las tuberías de gas natural. Las plantas de recuperación de recursos dependen de los envíos a granel de residuos a través de camiones. La interrupción de las rutas de las garrabas, los transportes ferroviarios y los camiones tras un evento peligroso pueden afectar la generación de energía si no se almacena el combustible de estas plantas de energía por adelantado.
- **Comunicación e información:** a medida que se expanden las redes de fibra, muchas de ellas se enrutan a través de conductos arrendados sobre puentes y túneles para que crucen las vías fluviales u otros accidentes geográficos. Esto las hace vulnerables si se dañan esos activos de transporte a causa de inundaciones, terremotos o marejadas, que pueden destruir partes de la red de comunicaciones de fibra. Los servicios postales que entregan cartas, documentos y paquetes también dependen en gran parte de las redes de transporte.
- **Edificios e instalaciones:** las grandes terminales o estaciones de transporte, las terminales de aerolíneas y las instalaciones de carga portuaria dejan de funcionar cuando se cierran los sistemas de transporte debido a un evento peligroso. Las instalaciones de transporte de usos mixtos que se integran con las tiendas minoristas, los comercios y los hoteles también se ven afectadas cuando se detiene el transporte.
- **Agua y aguas residuales:** las tuberías utilizadas por los sistemas de agua y aguas residuales suelen ubicarse dentro del derecho de paso de las carreteras y los puentes, y se consideran parte del sistema de transporte. Las plantas de tratamiento de agua y aguas residuales también dependen del transporte para entregar sustancias químicas utilizadas para el tratamiento.

Entre las interdependencias específicas de los sistemas de transporte con los demás sistemas de infraestructura que se abordan en la presente Guía se incluyen las siguientes:

- **Energía:** el sistema de transporte depende de la red eléctrica y energética. Las estaciones de gas necesitan la electricidad para que los propietarios de los vehículos accedan al combustible. Luego del huracán Sandy, las estaciones de gas, las empresas de servicios públicos y otras entidades que alimentan los vehículos de transporte no podían funcionar sin electricidad, lo que dificultó tanto la evacuación como la recuperación. También se necesita la energía eléctrica para que funcionen los semáforos. Durante el apagón del noreste de 2003, los 11 600 semáforos de la ciudad de Nueva York no funcionaban debido a la pérdida de energía, lo que dio como resultado atascos masivos [DeBlasio et al. 2004]. Los aeropuertos, las estaciones ferroviarias, los puentes móviles, los túneles para vehículos y los puertos dependen de la energía para la iluminación, la funcionalidad de los componentes mecánicos, la seguridad contra incendios y de la vida humana, así como para la funcionalidad de los propios edificios (consulte el Capítulo 12). Los trenes regionales de pasajeros, el metro y el metro ligero dependen de la energía eléctrica para funcionar, así como para la seguridad contra incendios y de la vida en el interior de los túneles. Sin embargo, la industria de la energía también depende de los sistemas de transporte para permitir que los equipos de reparación lleguen a zonas donde se han producido fallas y pongan en línea los servicios rápidamente. La logística del despliegue de los equipos de reparación a menudo comienza con el despeje de las carreteras para brindarles acceso con el fin de reparar los servicios públicos.

Los sistemas de transporte incluyen tuberías de gas natural y petróleo que suministran sistemas de almacenamiento, generación y distribución de combustible. Las tuberías también transportan combustible para aviones a los aeropuertos más importantes. La mayoría de las tuberías en el territorio continental de los Estados Unidos se encuentran bajo tierra y pueden romperse a causa de terremotos o perderse debido a inundaciones.

- **Comunicación:** el sistema de comunicaciones depende de las carreteras y los puentes para que los equipos de reparación lleguen a zonas donde se necesita la restauración de líneas telefónicas y de cables, torres de telefonía y redes de fibra óptica. Por el contrario, los sistemas de transporte dependen de las comunicaciones para transmitir información. Los aeropuertos utilizan las comunicaciones para las operaciones de aeronaves controladas por instrumentos para transmitir información logística y de programación a los pasajeros y para comunicarse con otros tipos de tráfico aéreo a través de un control que cumple esta función. Las estaciones de trenes ligero, trenes y autobuses dependen de los sistemas de comunicación para coordinar y programar los horarios de entrada y salida de los usuarios. Las autopistas dependen de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés) para controlar los niveles de tráfico y dirigirlo en zonas de congestión, además de responder a accidentes y emergencias. Las cámaras, sensores y señales de mensajes variables de los ITS son compatibles con las redes de fibra, algunas de las cuales son propiedad de los Departamentos de Transporte (DOT) y otras son arrendadas por ellos. Las autopistas y los puentes de peaje dependen de los sistemas de comunicación para la recaudación del peaje electrónico.
- **Edificios e instalaciones:** los edificios se vuelven inútiles cuando las personas no pueden llegar a ellos. Los sistemas de transporte permiten que las personas viajen a las instalaciones críticas, los negocios y otros hogares e instalaciones para verificar la seguridad de amigos, familiares y poblaciones vulnerables. Cuando los sistemas de transporte no se encuentran disponibles para llevar a los miembros de la comunidad a los edificios y a las instalaciones, tales estructuras tampoco pueden contribuir con la recuperación.

- **Agua y aguas residuales:** las líneas de agua y aguas residuales generalmente se encuentran enterradas debajo de las carreteras (es decir, están bajo la tierra). Además, las fugas y fallas de las líneas de agua debajo de las carreteras pueden dañar los cimientos de las carreteras y provocar la formación de orificios. Por consiguiente, se necesita el acceso a las carreteras para llegar a los puntos de las fallas. En cambio, las instalaciones críticas en el sistema de transporte necesitan el agua y las aguas residuales para el mantenimiento, el saneamiento, la eliminación y los servicios de emergencia (por ejemplo, la lucha contra incendios).
- **Transporte intermodal.** Debido a la naturaleza de nuestra amplia y diversa red de transporte y cómo se utiliza hoy en día, el transporte intermodal es un factor clave para las comunidades. Este tipo de transporte varía según la comunidad, dependiendo del tamaño, las necesidades, la estructura y la complejidad de la comunidad. En algunas comunidades, las personas pueden adaptarse solo con la red de carreteras. Sin embargo, la comunidad necesita acceder a la red de transporte más grande. Por lo tanto, se necesitan otros métodos de transporte para llevar alimentos y suministros a las tiendas minoristas locales en estas comunidades.

En el entorno mundial actual, los bienes se importan a través de aviones, barcos, camiones o trenes. Los bienes que se importan a través de aviones o barcos se cargan en trenes o camiones. Según los bienes que se van a transportar, la próxima parada en la cadena de suministro puede ser una planta de fabricación o procesamiento, un centro de distribución nacional o regional o un depósito. Los minoristas suelen utilizar depósitos o centros de distribución regional para administrar los productos y proporcionar bienes a tiendas locales a través de camiones en un corto período de tiempo. Por lo tanto, se necesita coordinación entre los diferentes métodos de transporte utilizados por los negocios para asegurar que se entreguen sus productos al cliente.

Las personas también utilizan muchos métodos de transporte, en particular en los centros urbanos grandes, para ir y venir del trabajo, la escuela, las instalaciones de entretenimiento, las casas, los bancos, etc. Las personas que trabajan en ciudades grandes suelen depender del transporte público, como el autobús para la mayoría de sus viajes. Sin embargo, para llegar a su parada de autobús, estación de tren o destino final, las personas pueden depender del sistema de carreteras, que incluye autobuses, taxis, bicicletas o caminata.

Aunque se encuentran disponibles varios métodos de transporte para las personas y los negocios, lo que proporciona redundancia a la red general, las fallas en un sistema pueden ejercer una gran presión sobre otros sistemas de transporte. Por ejemplo, incluso la pérdida parcial del uso del sistema de metro en Chicago, Nueva York o Washington, DC causaría una congestión y atascos importantes en la red de carreteras.

Los sistemas de transporte de carga en los Estados Unidos tienen menos redundancia que los sistemas que transportan personas. Las líneas ferroviarias de carga tienen actualmente desvíos de cientos de millas alrededor de ciertas rutas fundamentales que siguen los cauces y cruzan grandes ríos. Con la reducción de la cantidad de trenes de carga y los altos costos para mantener el derecho de paso de las vías de bienes, los ferrocarriles han reducido la cantidad de vías redundantes. Se han convertido muchas de las vías ferroviarias abandonadas en senderos recreativos para peatones y ciclistas. Sin embargo, hay redundancia en el sistema de carga debido a la capacidad para elegir entre garrabas, ferrocarriles y camiones.

El transporte de carga por garraba traslada volúmenes muy grandes a costos de energía relativamente bajos, pero tiene una redundancia de sistema muy limitada ya que depende de vías navegables. Las inundaciones fluviales o el cruce dañado o derrumbado de un río pueden provocar retrasos importantes en el transporte de grandes volúmenes de carga.

En general, el transporte de carga por camión es más redundante que el transporte por ferrocarril o por garraba; sin embargo, el sistema nacional de autopistas tiene ciertos cruces importantes de ríos que, si se dañan durante un evento peligroso, puede provocar grandes desvíos y embotellamientos muy congestionados en las autopistas.

18.2. Infraestructura de transporte

Los sistemas de transporte en los Estados Unidos son grandes y complejos. Esta sección se divide en cinco principales categorías, que son las siguientes:

- Sección 13.2.1: carreteras, puentes, autopistas y túneles de carretera
- Sección 13.2.2: ferrocarriles
- Sección 13.2.3: aire
- Sección 13.2.4: puertos, muelles y vías navegables
- Sección 13.2.5: tuberías

Estas secciones analizan los componentes de su red, las posibles vulnerabilidades y las soluciones utilizadas en el pasado para mitigar con éxito las fallas. Las primeras cuatro secciones tratan sobre los sistemas de grandes redes de transporte que se utilizan para trasladar personas y bienes. La quinta sección, denominada Tuberías, analiza un sistema que se utiliza solo para trasladar recursos (p. ej., gas natural).

18.2.1. Carreteras, puentes, autopistas y túneles de carretera

Carreteras y autopistas. Las carreteras y autopistas son esenciales para la infraestructura del transporte nacional. Los 6,5 millones de kilómetros (4 millones de millas) de carreteras públicas del país soportaron 4,8 billones de kilómetros (3 billones de millas) de viajes en vehículos en 2011. [ASCE 2013]. La gran red de carreteras y autopistas funciona como la principal infraestructura de transporte utilizada por la mayoría de las personas y los comercios. Aunque otros métodos de transporte, como metros y aviones, trasladan una gran cantidad de personas y bienes a centros o nodos específicos de la red de transporte, las carreteras y autopistas se utilizan con mayor frecuencia para llevar personas y bienes a sus destinos finales. La pérdida de una carretera, un puente o un túnel puede aumentar drásticamente el tiempo necesario para que los grupos de respuesta ante emergencias lleguen a una zona o puede reducir la capacidad de las personas para evacuar luego de un evento.

Al considerar la red de carreteras, las comunidades necesitan pensar no solo en autos y camiones, sino en otros métodos de transporte, que incluyen autobuses, bicicletas y peatones. A nivel local, las comunidades (en particular las comunidades grandes con un sistema de carreteras acentuado) deben considerar el desarrollo de un plan de transporte a largo plazo que incentive a las personas a utilizar otros métodos de transporte (p. ej., bicicletas y autobuses), además de los vehículos personales. Por ejemplo, se pueden agregar carriles para bicicletas si se amplía la carretera aproximadamente 1,2 m (4 pies), mediante un proyecto de construcción planificado. Cabe observar, sin embargo, que la utilidad de hacer tales cambios variará según la comunidad en función del tiempo promedio de viaje y la accesibilidad a métodos alternativos de transporte. Sin embargo, un objetivo del sistema de carretera para una comunidad puede ser alentar y apoyar tantos métodos de transporte como sea posible para hacerlo más eficiente, en lugar de depender solo de autos y camiones. Aumentar la eficiencia del transporte de una comunidad de una manera resiliente puede ser una alternativa para centrarse en un solo medio de transporte [Cities21 2015, Sustainable Cities 2010].



Figura 13-1: Descalce de carreteras tras el paso del huracán Irene (Fuente: foto tomada por Elissa Jun [FEMA 2014a])

Además de trasladar personas y bienes por carreteras y autopistas, los servicios públicos esenciales distribuyen servicios a lo largo del nivel de las carreteras, por encima o por debajo del nivel de estas. Por lo tanto, las fallas de las carreteras y las autopistas no solo interrumpen la capacidad para trasladar personas y bienes, sino que puede dejar a los servicios públicos necesarios vulnerables a los peligros iniciales y secundarios (p. ej., la caída de un árbol u otros escombros sobre una línea eléctrica o de comunicación). Por ejemplo, las inundaciones pueden socavar los lechos de las carreteras. La Figura 13-1 proporciona un ejemplo de interdependencia. En la figura, una tubería que yacía directamente debajo del arcén de la carretera quedó vulnerable a los daños como resultado de fallas de las carreteras.

Las carreteras también son susceptibles a los daños causados por los terremotos. La fuerza de los terremotos puede provocar que se dividan las carreteras, como se vio después del terremoto de Loma Prieta [Duwadi 2010]. Además, los efectos secundarios de los terremotos, como los deslizamientos de tierra y los incendios pueden también causar daños en las carreteras u otra infraestructura de transporte.



Figura 13-2: Carretera local bloqueada a causa de árboles caídos luego de que los remanentes de la tormenta extratropical golpearon Kentucky [Fuente: Kentucky Public Service Commission 2009]

La falla o pérdida de servicios de carreteras individuales no suele provocar una perturbación importante para una comunidad, porque a menudo se genera redundancia en la red de la carretera. Las perturbaciones

más importantes se producen cuando falla una gran parte o un componente fundamental de la red de carreteras/autopistas, de tal manera que las personas y los bienes no puedan llegar a sus destinos. Las inundaciones repentinas en las comunidades montañosas, donde las carreteras suelen seguir los cauces con muchos cruces de puentes, han dejado a comunidades enteras aisladas cuando se derrumbaron las carreteras y los puentes a causa de la erosión (es decir, la erosión del material del banco alrededor de los cimientos, especialmente en el caso de los puentes). Por ejemplo, una docena de pueblos en Vermont quedaron completamente aislados de la ayuda de emergencia en 2011 cuando el huracán Irene descargó 280 mm (11 pulgadas) de lluvia durante un fin de semana, lo que arrasó con carreteras y puentes [Dolak 2011]. De forma similar, en Boulder, Colorado, los equipos de búsqueda y rescate no pudieron llegar a las comunidades afectadas luego de que cayeran 150 mm (6 pulgadas) de lluvia en 12 horas en septiembre de 2013, lo que provocó el aislamiento de ciudades montañosas luego de que los recientes incendios forestales dejaran sin vegetación el terreno. [Frosch y Williams 2013]. Las grandes zonas del sistema de carreteras y autopistas pueden verse afectadas por los escombros de los eventos de vientos fuertes (p. ej., huracanes, tormentas extratropicales, tornados), inundaciones (como se observó con el huracán Sandy), terremotos y tormentas de hielo. A corto plazo, la caída de árboles (consulte la Figura 13-2) en las carreteras ralentiza la respuesta ante emergencias y a los equipos de reparación de llegar a las ubicaciones donde se necesita su ayuda, y también puede dañar la energía eléctrica y los sistemas de comunicación.

Las tormentas de hielo, como se analizó anteriormente, también pueden provocar bloqueos en las carreteras debido a la caída de árboles, como se vio luego de la tormenta de hielo en Kentucky en enero de 2009 [Comisión de Servicios Públicos de Kentucky 2009]. Sin embargo, el hielo también puede bloquear la red de carreteras porque incluso las cantidades relativamente pequeñas de hielo hacen que las condiciones de conducción sean peligrosas, en particular en aquellas áreas donde las comunidades no se encuentran bien preparadas para las tormentas de nieve y hielo debido a su poca incidencia. En estados que están bien preparados para estos eventos y los experimentan con frecuencia, las tormentas de hielo o los eventos de grandes nevadas no suelen causar perturbaciones en el transporte.

Puentes. Los puentes son componentes importantes de las redes de carreteras y ferroviarias porque atraviesan grandes características geológicas como cañones, ríos y masas de agua. Los puentes son la parte más costosa para construir y mantener de un sistema de carretera o ferroviario. El cierre temporario de un puente puede causar importantes distancias de desvío.

Los puentes, como las carreteras, se ven afectados por la crueldad de sus respectivas condiciones ambientales (p. ej., ciclos de helada-deshielo). Muchos puentes incluyen juntas de expansión que pueden permitir que se infiltre agua y otros escombros en la superficie de la carretera, lo que causa la corrosión y el deterioro de la superestructura (es decir, vías y tableros) y la subestructura (p. ej., pilares, cimientos y soportes) y la degradación del desempeño del puente. Sin embargo, algunos puentes cortos (es decir, de menos de 90 m [300 pies]) están diseñados con soportes integrales para eliminar las juntas de expansión y reducir esta fuente de degradación [Johnson 2012].



Figura 13-3: Secciones del puente que se desprendieron de sus soportes durante el huracán Katrina debido a la acción de las olas
(Fuente: foto tomada por Win Henderson [FEMA 2014d])

La erosión es la causa principal de las fallas de los puentes [FHWA 2011]. La erosión se produce cuando la combinación de la velocidad del agua y las características del suelo provocan el desgaste del lecho del arroyo alrededor de los cimientos. Se puede resistir la erosión mediante un diseño y una construcción adecuados.

Las inundaciones y la acción de las olas debido a las marejadas de huracanes (o tsunamis) pueden ocasionar daños en los puentes de otras maneras. Durante el huracán Katrina, las fuerzas inducidas por las olas levantaron y desplazaron de sus posiciones muchas calzadas de los puentes gemelos I-10 sobre el lago Pontchartrain (Figura 13-3) [Duwadi 2010]. Los terremotos en el valle de San Fernando, Loma Pierta y Northridge, CA provocaron el derrumbe de un puente debido a las fallas de los pilares y los tableros [Duwadi 2010].

Los puentes más largos tienden a tener superestructuras relativamente más livianas (tableros y viguerías) para abarcar distancias más extensas. Históricamente, sus frecuencias naturales relativamente bajas hacían que algunos de estos puentes seas susceptibles a los daños causados por los vientos fuertes, porque dichas frecuencias podrían activarse debido a estos vientos. Si se producía resonancia en el puente, en algunos casos se generaban grandes oscilaciones y fallas. Sin embargo, los puentes modernos de gran extensión están diseñados con pruebas aeroelásticas de túnel de viento que confirman las características del diseño y las propiedades aerodinámicas finales para que no fallen durante eventos de vientos fuertes [FHWA 2015a]. Se probaron y reacondicionaron algunos puentes antiguos de gran extensión para asegurar que no fueran vulnerables a las fallas causadas por los vientos.

De manera similar a las carreteras, las fallas de un puente individual causan una perturbación en la red local de carreteras, pero no siempre provoca una perturbación mayor en toda la red de carreteras de una comunidad porque a menudo hay rutas alternativas. Sin embargo, puede aumentar el tiempo de viaje del conductor. Las fallas en un puente afectan más otras partes de la red de carreteras a nivel local, ya que el puente es un punto de congestión, lo que podría hacer que las personas evitaran ciertas zonas y, por lo tanto, los negocios. Por lo tanto, cuando las comunidades evalúan el diseño y la funcionalidad de sus puentes, deben considerar el propósito de la estructura y la redundancia de la red de carreteras circundante. Por ejemplo, si el puente es la única carretera a través de la cual los pasajeros que viajan diariamente y los bienes pueden acceder a una zona de la comunidad que tiene muchos negocios y muchas instalaciones críticas, este debe diseñarse para estar preparado ante eventos extremos, tal como se define en el Capítulo 4

(Volumen 1). Sin embargo, dado que las fallas del puente no son frecuentes durante eventos peligrosos, la mayoría de los puentes deben diseñarse y construirse para esperar el evento.

Túneles de carreteras. Los túneles de carreteras tienen una función similar a la de los puentes en la red de carreteras. Conectan enlaces de la red de carreteras al pasar por debajo del agua, a través de las montañas o debajo de otras carreteras y autopistas. En general, los túneles presentan más factores de riesgo para la seguridad vital cuando se producen fallas que otros sistemas de transporte, que tienen métodos de evacuación más accesibles. Los incendios dentro de los túneles implican peligros mortales porque el fuego disminuye los niveles de oxígeno, contiene gases tóxicos e irradia calor como una caldera en un espacio cerrado [Meng & Qu 2010]. Las precipitaciones son otra amenaza: las inundaciones en las zonas circundantes pueden provocar niveles peligrosamente altos de humedad del suelo, lo que compromete la integridad estructural de los túneles que atraviesan montañas [Meyer et al. 2014]. Los túneles que se encuentran debajo de los ríos no se ven afectados por la humedad de las paredes, sino por las inundaciones que rodean la boca del túnel. Durante una inundación a largo plazo dentro de un túnel, una de las principales causas de daños es la corrosión, especialmente a cualquier sistema de ventilación, eléctrico o de comunicaciones dentro de la estructura. Puede ser necesario emplear diseños más resilientes y nuevas medidas de protección, como tapones inflables de túneles, para mitigar el riesgo asociado con estos de forma adecuada [U.S. DHS 2013].

18.2.2. Ferrocarril.

Los sistemas ferroviarios consisten en sistemas de transporte público, como metros, que funcionan dentro de grandes ciudades de alta densidad, sistemas ferroviarios regionales de cercanías, que conectan las comunidades suburbanas con el centro de la ciudad, sistemas ferroviarios interurbanos de pasajeros y sistemas ferroviarios de carga que transportan la carga a nivel regional y en toda la nación. También se incluyen sistemas ferroviarios ligeros que funcionan dentro de las ciudades y los aeropuertos.

En los últimos años, se ha experimentado un auge en los sistemas ferroviarios, que generalmente transportan productos básicos a granel y funcionan como servicios suburbanos. Amtrak informó más de 31,2 millones de pasajeros en 2012, el doble de la cifra informada en 2000. Los ferrocarriles de carga transportan casi la mitad de la carga interurbana de la nación y aproximadamente un tercio de sus exportaciones, y se proyecta que ambos números aumentarán. Los ferrocarriles de carga y de pasajeros han invertido \$ 75 mil millones en sistemas ferroviarios de carga desde 2009. En 2010, los ferrocarriles de carga renovaron suficientes millas de vías como para ir de costa a costa. Esta política de inversión apoya la capacidad del sistema ferroviario para satisfacer futuras necesidades y representa un buen momento para construir la resiliencia en el sistema [ASCE 2013].

Dado que los sistemas ferroviarios tienden a estar menos interconectados que los sistemas de carreteras, los puntos clave de unión pueden generar un embotellamiento en caso de daños o fallas en el sistema [Lazo 2013]. Otro ejemplo es el túnel de Virginia Avenue en Washington D.C., a través del cual viajan diariamente entre 20 y 30 trenes de carga. El túnel, de 110 años de antigüedad y con problemas estructurales cuya reparación se estima en \$ 200 millones, tiene una sola línea ferroviaria que exige que los trenes de carga esperen mientras pasan los demás [Lazo 2013]. Los embotellamientos como estos cuestan alrededor de \$ 200 mil millones en los Estados Unidos cada año, o el 1,6% del PIB, y se prevé que van a aumentar si no se añade capacidad ferroviaria a lo largo de importantes corredores [ASCE 2013]. Toda perturbación en estos puntos clave en el sistema podría provocar importantes perturbaciones económicas, lo que indica la necesidad de construir rutas alternativas para aumentar la redundancia en el sistema.

Los sistemas ferroviarios de carga en los Estados Unidos también desempeñan un papel importante en el transporte intermodal de la carga transportada en contenedores y de automóviles importados desde los puertos de ambas costas hasta los puntos de la región del medio oeste. Los contenedores se apilan en vagones y se transportan a centros interiores de distribución, luego se transfiere la carga a camiones, que después se lleva al destino final.



Figura 13-4: Se desgastó un puente ferroviario en Nueva Orleans a causa de las inundaciones durante el huracán Katrina (Fuente: foto tomada por Marvin Nauman [FEMA 2014c])

La red ferroviaria es similar a la infraestructura de carreteras y autopistas, ambas dependen de los puentes y túneles. Sin embargo, la red ferroviaria no es tan redundante como las redes locales de carreteras. De esta manera, las perturbaciones en la red ferroviaria pueden tener consecuencias importantes. Durante el huracán Katrina, las vías férreas se volvieron intransitables debido a las inundaciones y algunos puentes sufrieron fallas, tal como se muestra en la Figura 13-4. La planificación cuidadosa puede asegurar que las vías se eleven de forma adecuada y que se mitigue el impacto de posibles peligros naturales. Trasladar las líneas de transporte a vías más nuevas reduce la posibilidad de riesgos de peligros naturales y la vulnerabilidad, al igual que es necesario mantener las vías más antiguas en buen estado para evitar redundancias. Dado que los ferrocarriles, al igual que las carreteras, se reemplazan cada 20 años por término medio, con el tiempo se puede incorporar la resiliencia en el sistema [Field et al. 2012].

Los sistemas ferroviarios tienen otras vulnerabilidades. La mayoría de los sistemas ferroviarios regionales e interurbanos de pasajeros dependen de catenarias aéreas electrificadas o de la energía del tercer carril. Si bien los sistemas de catenarias aéreas son más vulnerables a los daños ocasionados por las tormentas de vientos, árboles que caen y ramas, ambos son vulnerables a inundaciones, tormentas de hielo y ventiscas. Los ferrocarriles de pasajeros en zonas rurales utilizan locomotoras diésel y son más resilientes. Algunos ferrocarriles han realizado inversiones en locomotoras híbridas que pueden funcionar con diésel o energía eléctrica y pueden utilizarse para restaurar el servicio limitado cuando se pierde la energía eléctrica. Las locomotoras diésel transportan la carga ferroviaria, por lo que esta se ve menos afectada por las tormentas, el hielo y las inundaciones.

Un sistema de advertencia temprana antes de que se produzca un evento peligroso permite el traslado de los trenes a lugares más seguros para evitar que ocurran daños. Igual que las otras formas de transporte, las evaluaciones de daños y recuperación permitirán priorizar los recursos y conducirán a una recuperación más rápida en un entorno posterior a los peligros [El Banco Mundial 2012].

Ejemplo de resiliencia: el sistema de metro de la Autoridad de Tránsito de Nueva York (NYCT, por sus siglas en inglés), a pesar de ser una de las infraestructuras más antiguas en la ciudad, demostró tener adaptabilidad en su respuesta en los ataques del 11/9. La toma de decisiones se diseminó a través de todo el sistema. Como resultado de un liderazgo eficaz en todo el sistema, se desviaron los trenes con rapidez alrededor de la zona afectada. Cuando fue evidente la naturaleza del evento, el sistema de metro llevó más trenes a las vías de salida para su evacuación. Durante la recuperación, se adaptó el sistema para transportar al personal y los suministros de emergencia a la ciudad y sus alrededores [PWC 2013].

Sistemas de metro. Los sistemas de metro transportan de manera eficaz a muchas personas a sus trabajos, escuelas, eventos de entretenimiento u otras actividades de ocio. Debido a que gran parte de los metros se encuentra bajo tierra, las inundaciones son particularmente problemáticas. Durante el huracán Sandy, el sistema de metro de la ciudad de Nueva York experimentó grandes inundaciones y algunos túneles se llenaron por completo. Se rompieron las medidas de protección, como las barreras y las aberturas elevadas, en los lugares donde se las había colocado. Las bombas del metro se saturaron y las inundaciones dañaron los equipos de servicios públicos, incluidos los sistemas eléctricos (transformadores, conmutadores, paneles de distribución, etc.), los sistemas de comunicación y datos/TI y los controles y equipos electrónicos [FEMA 2013]. El gran daño al sistema de metro necesitará muchos años de reparación y reconstrucción antes de que se reabra cada estación [Ciudad de Nueva York 2013].

18.2.3. Aire

La infraestructura aérea nacional proporciona la manera más rápida para que la carga y las personas viajen grandes distancias. El sistema aeroportuario traslada más de \$ 562 mil millones en carga cada año, además de vender 728 millones de vuelos a pasajeros [ASCE 2013]. Los vuelos comerciales aumentaron a aproximadamente 33 millones entre 2000 y 2011 [ASCE 2013]. Para el 2040, se proyecta que se triplicará la carga aérea y más de mil millones de vuelos de pasajeros atravesarán el país [ASCE 2013]. Los estudios ya muestran que las perturbaciones de este sistema masivo tienen consecuencias económicas importantes. El costo estimado de la congestión y los retrasos fueron de casi \$ 22 mil millones en 2012 y se prevé que va a aumentar a \$ 63 mil millones para 2040 si siguen estancados los niveles de gastos nacionales en la infraestructura aérea [ASCE 2013].

Los aeropuertos son un componente fundamental de la cadena de suministro para las actividades comerciales. En particular, las compras por Internet generan toneladas de carga aérea de la noche a la mañana que se transfieren a camiones en los aeropuertos y se entregan en las comunidades. Existe una gran dependencia entre los aeropuertos y los sistemas de carreteras para la entrega oportuna de bienes percederos y de alta prioridad. Los cierres de los aeropuertos causan desvíos a otros aeropuertos y los camiones deben realizar trayectos más largos, lo que provoca el retraso del transporte de bienes.

Los grandes aeropuertos son comunidades en las que trabajan muchas personas y en las que hay un importante desarrollo de negocios minoristas e inmobiliarios, como los hoteles. Cuando se cierra un

aeropuerto, no solo afecta a los viajeros aéreos. Las personas que trabajan en los aeropuertos se ven sustancialmente afectadas por las perturbaciones de las operaciones aéreas normales.

Existen muchas dependencias entre los aeropuertos y otros modos de transporte. Los pasajeros acceden a los aeropuertos a través de las carreteras o las redes de ferrocarril. Los servicios de carga y la provisión de combustible a los aeropuertos dependen de las carreteras. Además, cuando se perturban los aeropuertos, las personas y la carga suelen desviarse a redes de carreteras y ferrocarriles.

Las bases aéreas militares generalmente tienen instalaciones similares a las de un aeropuerto civil, como el control del tráfico y la lucha contra incendios. Las bases aéreas se ubican en todos los Estados Unidos y sus territorios y proporcionan una variedad de servicios para las fuerzas militares, como el reabastecimiento de combustible, el almacenamiento y mantenimiento, los centros de capacitación y los puntos de lanzamientos objetivos. Al igual que la infraestructura aérea civil, la infraestructura aérea militar proporciona la manera más rápida para transportar personal, carga, armas, suministros y otros activos físicos. Como tales, las bases aéreas desempeñan un papel fundamental en el apoyo a la seguridad nacional.

La respuesta a los desastres no es el principal papel de las fuerzas armadas; sin embargo, luego de eventos importantes, las bases aéreas militares pueden servir como puntos de lanzamiento y zonas de agrupamiento para las operaciones de recuperación. Cuando las agencias federales, estatales y locales responden a los eventos peligrosos que se han convertido en desastres, se puede llamar a las fuerzas armadas para pedir apoyo. Es particularmente necesario el aumento de las capacidades de transporte aéreo luego de eventos peligrosos que dificultan el transporte terrestre, como inundaciones, terremotos, incendios forestales y grandes tormentas de nieve, o luego de eventos peligrosos en zonas con terrenos prohibitivos. Los usos comunes relacionados con la respuesta de las aeronaves militares incluyen la evacuación, la búsqueda y el rescate, la entrega de suministros y la movilización del personal. Las bases aéreas se rigen por la rama de las fuerzas armadas a las que sirven, aunque se pueden proporcionar activos a los gobiernos civiles sujetos al control civil luego de un evento importante.

Desafortunadamente, los aeropuertos son sensibles a los eventos peligrosos y propensos a las perturbaciones. El 70% de los retrasos de los aeropuertos se debe a los eventos climáticos graves, que se hacen más frecuentes en algunas ubicaciones [ACRP 2012]. Esta sensibilidad se atribuye parcialmente a la complejidad del sistema, que puede incluir más riesgos de los que son inmediatamente evidentes [PWC 2013]. Por lo tanto, puede resultar difícil evaluar completamente todas las vulnerabilidades de un aeropuerto. Sin embargo, se pueden aprender lecciones valiosas de eventos anteriores.



Figura 13-5: Las inundaciones en 1993 cerraron el aeropuerto del condado de Chester y movieron aviones [Fuente: foto tomada por Andrea Booher (FEMA 2014b)].

Las pistas de aterrizaje son vulnerables a los mismos peligros que las carreteras, pero generalmente el límite de condiciones de operación seguras es mayor. Se pueden cerrar las pistas de aterrizaje debido a las inundaciones (Figura 13-5), el hielo y la nieve. Además, estas pistas son vulnerables a la licuefacción del suelo durante eventos sísmicos [ACRP 2012]. En 2011, en la zona alrededor del aeropuerto de Dallas Fort Worth cayeron 6,6 cm (2,6 pulgadas) de nieve antes del Súper Tazón. El aeropuerto no estaba preparado y sufrió grandes perturbaciones. Su equipo despejó una sola pista de aterrizaje una hora después de aplicar el descongelante, lo que provocó la cancelación de más de 300 vuelos. En respuesta a esto, el aeropuerto invirtió más de \$ 13 millones en equipos para despejar tres pistas de aterrizaje de 5 cm (2 pulgadas) de nieve en 14 minutos. Aunque este es un buen ejemplo de los pasos que hay que seguir para crear un aeropuerto más resiliente, también muestra la facilidad con la que un evento climático inesperado puede causar perturbaciones [TRB 2014].

Las terminales de los aeropuertos son vulnerables a los mismos peligros que otros edificios (consulte el Capítulo 12). Los servicios de energía, combustible, comunicaciones, agua y aguas residuales son importantes para el funcionamiento seguro de los aeropuertos. Los Capítulos 14, 15 y 16, respectivamente, analizan la resiliencia de estos sistemas de infraestructura.

Los aeropuertos desempeñan un papel integral en el traslado de personas y suministros antes y después de un evento peligroso. Si se cierran los aeropuertos en una zona, otros aeropuertos deben hacerse cargo de los vuelos redirigidos y de las mayores cargas [ACRP 2012]. La ayuda federal y estatal se administra más rápido por vía aérea. Estos factores hacen que los aeropuertos sean más necesarios cuando son más vulnerables, es decir, justo antes y después de un evento peligroso. Por lo tanto, el aumento de la resiliencia en los aeropuertos es fundamental para aumentar la resiliencia comunitaria en general.

18.2.4. Puertos, muelles y vías navegables

Los puertos, los muelles y las vías navegables se utilizan principalmente para importar y exportar bienes y materiales. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos estima que más de 95% del comercio de los Estados Unidos, por volumen, se mueve a través de los puertos [ASCE 2013]. Los EE. UU. tiene más de 300 puertos comerciales que procesan más de 2,3 mil millones de toneladas de carga por año y más de 600 puertos más pequeños adicionales [ASCE 2013]. En 2010, se exportaron bienes por valor de \$ 460 mil millones y se importaron \$ 940 mil millones a través de los puertos [ASCE 2013]. Aunque la mayoría de los puertos están en buenas condiciones, las terminales necesitan

aumentar las inversiones para incorporar buques más grandes luego de la ampliación programada del canal de Panamá de 2015. Debido al gran tamaño de los barcos comerciales, muchos puertos con vías navegables poco profundas ya son inaccesibles. Una vez que se complete la ampliación del canal de Panamá, más puertos en los Estados Unidos no podrán prestar servicios a los barcos más grandes que podrían tener el doble de capacidad que los barcos de carga que se encuentran en uso actualmente [NOAA 2014]. La necesidad del aumento de inversiones, al igual que otros sistemas de transporte, proporciona una oportunidad para planificar mejoras resilientes a esta infraestructura crítica [ASCE 2013].

La infraestructura marítima también permite el transporte fluvial de pasajeros y vehículos, que es otro componente importante del comercio interno [MARAD 2015]. Los transbordadores proporcionan un vínculo seguro y confiable a través de las masas de agua para las personas que trabajan en las principales zonas metropolitanas donde no se encuentran disponibles los túneles y puentes o se congestiona el tráfico. Además, los transbordadores pueden ayudar a realizar las evacuaciones de emergencia de las zonas metropolitanas cuando otras redes de transporte estén inundadas, bloqueadas o no funcionen. Según la Oficina de Estadísticas de Transporte, en 2009 había 231 operadores de transbordadores en 37 estados y territorios. Se estima que, en 2009, los transbordadores de los Estados Unidos transportaron cerca de 103 millones de pasajeros y más de 37 millones de vehículos [RITA 2009]. En la ciudad de Nueva York, el transbordador de Staten Island transporta aproximadamente 70 000 pasajeros en un día hábil normal [NYC DOT 2015].

Los sistemas de transporte de agua están, por naturaleza, ubicados en zonas vulnerables. La ubicación y el diseño de los puertos pueden reducir la vulnerabilidad ante algunos peligros o disminuir el tiempo de recuperación. Los sistemas de advertencia temprana para los propietarios de los barcos y las autoridades portuarias dan tiempo a las instalaciones y a las embarcaciones para prepararse o para comenzar a evacuar [El Banco Mundial 2012].



Figura 13-6: Los contenedores de envío quedan fuera de lugar debido a los vientos fuertes y a la marejada luego del huracán Katrina en 2005.

(Fuente: foto tomada por Win Henderson [FEMA 2014e])

Los huracanes y otros eventos de precipitaciones fuertes pueden generar inundaciones extremas y daños a las estructuras, desplazar contenedores (Figura 13-6), socavar cimientos y destruir edificios por completo. También se consideran un riesgo los derrames de sustancias químicas y petróleo. Las inundaciones también pueden depositar sedimentos y escombros, lo que puede restringir o cerrar los canales navegables.

Los sistemas de drenaje saturados o defectuosos pueden producir inundaciones en zonas que de otra manera no se verían afectadas por las marejadas o las inundaciones fluviales. La infraestructura existente que tiene una capacidad inadecuada puede causar esta vulnerabilidad. Los vientos fuertes asociados con estos tipos de eventos pueden provocar daños en los equipos fundamentales, como grúas y estructuras [URS 2012].

Los gestores portuarios informaron que luego del huracán Sandy, esa marejada provocó daños importantes. La marejada, combinada con los escombros, destruyó las instalaciones y los equipos e hizo imposible el acceso a las carreteras y los ferrocarriles. Se cerraron las oficinas administrativas ubicadas en los primeros pisos de los edificios, lo que resultó en la pérdida de la gestión portuaria. Además, las inundaciones dañaron las nuevas tecnologías, como los motores eléctricos para mover las grúas. La pérdida de la energía eléctrica afectó la iluminación nocturna de las operaciones, la detección nuclear de la carga que entra y sale y los semáforos alrededor del puerto. Cuando la energía regresa por etapas, la tensión de red combinada con generadores que hacían funcionar unos pocos sistemas críticos desconectaba los disyuntores de forma repentina. En los estacionamientos, se inundaron aproximadamente 16 000 automóviles que pertenecían a pasajeros de crucero. Los pilares y los muelles tuvieron un buen desempeño, ya que se diseñaron para resistir el impacto lateral de un barco y el peso vertical de un contenedor de carga, que son fuerzas que superan con creces las cargas impuestas por la tormenta. Aunque no hubo pérdidas de vidas humanas en los puertos durante la tormenta, este evento demostró cómo se pueden dañar varios sistemas que afectan las operaciones durante o después de un evento peligroso. Detalles tales como el traslado de oficinas al segundo piso, la elevación de los motores de las grúas o la construcción de cubiertas impermeables para estos y la existencia de un sistema de coordinación de la recuperación con servicios públicos clave pueden marcar una gran diferencia [Wakeman 2013].

La sequía también puede afectar las rutas y la infraestructura marítimas. Las vías navegables internas son especialmente susceptibles a las sequías. A medida que disminuye el agua durante una sequía, es posible que se restrinja o se interrumpa completamente la parte navegable de una vía, lo que crea congestión para el tráfico marítimo [FTA de EE. UU. 2013]. Incluso cuando las vías navegables afectadas por la sequía siguen cumpliendo su función, la reducción de la profundidad puede exigir que los buques reduzcan las cargas y la velocidad, lo que dificulta la eficiencia y aumenta los costos de transporte. La sequía también puede poner en peligro la infraestructura comercial y municipal que está diseñada específicamente para proveer agua potable. A medida que disminuye la descarga de agua potable en la desembocadura del río, es posible que el agua salada de la costa ingrese a las zonas de agua dulce aguas arriba y corra la infraestructura [Elliott 2013].

El aumento del nivel del mar (SLR, por sus siglas en inglés) puede causar daños graves o pérdidas de funcionalidad de la infraestructura marítima. Para el año 2099, se estima que el nivel del mar aumentará de 178 a 584 mm (de 7 a 23 pulgadas) a nivel mundial. A medida que el SLR se combina con eventos de mareas altas y marejadas, la infraestructura del puerto se ve cada vez más amenazada. Como resultado de los cambios en el movimiento de los sedimentos, se puede generar sedimentación a lo largo de las entradas de los canales, lo que afecta la accesibilidad de algunos barcos. El riesgo de corrosión aumenta a medida que más superficie de infraestructura entra en contacto con el agua. El SRL puede agravar la susceptibilidad a la corrosión y las inundaciones [Wakeman 2013].

Al igual que otros modos de transporte, existen dependencias de otros sistemas de infraestructura. Por ejemplo, la infraestructura de carreteras y ferrocarriles transportan bienes y personas hacia y desde los puertos y muelles a su destino final. Los transbordadores pueden proporcionar un reemplazo temporario de la infraestructura de puentes. Sin embargo, la falta de normalización de los requisitos de atraque limita la transferencia de los buques y la infraestructura para compensar los esfuerzos luego de un evento peligroso.

Las vías navegables internas en los Estados Unidos trasladan grandes volúmenes de carga a granel a través de un sistema de ríos y lagos interconectados por esclusas. Como se muestra en la Figura 13-7, una garraba,

que puede transportar 1500 toneladas de carga, mueve el tonelaje equivalente de 13,4 vagones tolva de carga jumbo o 58 semiremolques grandes. Una garraba grande de remolque, que consiste en 15 garrabas, puede transportar el equivalente a 870 semiremolques grandes. Cuando se inundan las vías navegables internas o existe un derrumbe que bloquea un río clave en su ruta, se produce un enorme retraso en el movimiento de carga a granel que no puede ser compensado por otros modos de transporte de carga.

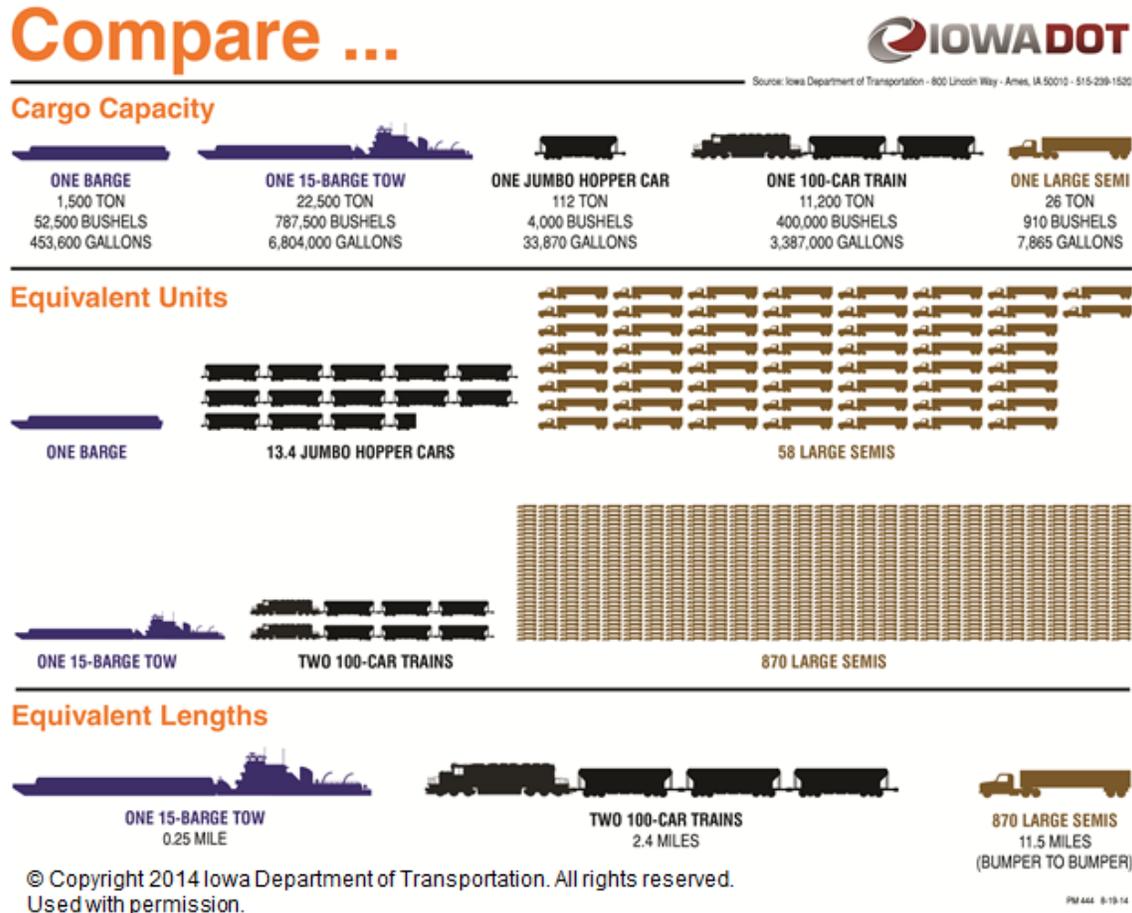


Figura 13-7: Cuadro de comparación del DOT de Iowa

Las vías navegables internas son fundamentales para la salud de la economía comercial de los Estados Unidos. La navegación de poco calado (p. ej., las garrabas) presta servicios al 87% de todas las principales ciudades de los Estados Unidos, lo que representa el 79% de toda la carga marítima interna [MARAD 2015]. En 2005, las vías navegables internas manejaron más de 624 millones de toneladas de carga valuadas en más de \$ 70 mil millones [Kruse et al. 2007]. La Administración Marítima de los Estados Unidos estima que, si no se pueden utilizar las vías navegables internas para el transporte, el tráfico de camiones en las carreteras rurales aumentaría en aproximadamente un 33% (58 millones de viajes de camiones al año) y el transporte ferroviario, por tonelaje, en un 25%. Los aumentos de estas magnitudes pueden ejercer demasiada presión en la infraestructura terrestre, lo que resulta en el aumento de los costos de mantenimiento, el consumo de combustible, la congestión y la disminución en la seguridad. A medida que se mantienen y mejoran las vías navegables, la resiliencia a las condiciones de sequía duradera debe ser una consideración primordial en las zonas afectadas del país.

18.2.5. Tuberías.

Las tuberías son un componente importante en la infraestructura del transporte y suministro de energía de Estados Unidos, que suministra gas natural, petróleo crudo, productos refinados como gasolina y diésel, y líquidos de gas natural como etano y propano. Debido a que las normas de ingeniería para la seguridad y el diseño de tuberías son administradas por la Administración de Seguridad de Tuberías y Materiales Peligrosos (PHMSA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, se analizan aquí las tuberías que transportan gas natural y combustibles líquidos como parte del sistema de transporte.

PHMSA tiene la responsabilidad de la regulación y el cumplimiento de todos los tipos de tuberías. Una combinación de agencias federales, estatales y locales son responsables de la ubicación de las tuberías y de su regulación económica (p. ej., tasas y tarifas).

En general, las tuberías se agrupan en tres categorías según su función: recolección (tuberías pequeñas en una zona de producción de gas o petróleo), transmisión (tuberías más grandes y largas que transportan productos desde las zonas de suministro hasta los mercados) y distribución (tuberías que entregan el producto a los usuarios finales residenciales, comerciales o industriales). Con las líneas terrestres y marítimas, hay aproximadamente 482 000 km (300 000 millas) de tuberías de transmisión de gas natural y 3,4 millones de km (2,1 millones de millas) de tuberías de distribución que entregan más de 730 millones de metros cúbicos (26 millones de pies cúbicos) de gas natural. Más de 306 000 km (190 000 millas) de tuberías de líquidos entregaron casi 15 000 mil millones de barriles de petróleo crudo y productos petrolíferos en 2013. Durante los últimos 10 años, las tuberías de líquidos han aumentado en 41 404 km (25 727 millas) o el 15,4%, con un crecimiento de 18 744 km (11 647 millas) o un 23,6% del millaje de las tuberías del petróleo crudo desde 2004 [AOPL 2014].



Figura 13-8: El personal de gas natural desconecta el gas después del huracán Sandy.

[Fuente: Liz Roll, FEMA 2012]

Las tuberías se conectan a estaciones de compresión y bombeo, instalaciones de procesamiento, plataformas de producción, pozos, instalaciones de almacenamiento y usuarios finales, como plantas de energía y clientes residenciales o comerciales. Las perturbaciones del sistema de tuberías por los peligros complican, dificultan y prolongan la respuesta y la recuperación de las comunidades.

Las tuberías y las instalaciones asociadas no subterráneas son vulnerables a los daños causados por las inundaciones y las marejadas, el impacto de las inundaciones o de los escombros transportados por el viento y el movimiento terrestre y marítima (terremotos, hundimientos, deslizamientos de tierra). Los impactos o el movimiento de una tubería pueden causar la ruptura de la línea y derramar los contenidos en el suelo y las masas de agua o algunos productos pueden incendiarse o explotar. Los efectos dominó de las perturbaciones de las tuberías incluyen retrasos y pérdidas de suministro de combustible para el sistema de transporte y el gas natural para la infraestructura de energía. Dichas pérdidas pueden afectar 1) el movimiento de los administradores y bienes en las zonas afectadas y 2) la distribución de la energía a los residentes, los negocios y la industria.

Los huracanes pueden desplazar las tuberías marítimas bajo tierra o exponerlas, lo que puede causar fugas en abrazaderas, soldaduras, bridas y conectores y puede hacer que se separen y se rompan las tuberías. Los terremotos pueden causar daños en las tuberías debido a la deformación del suelo (deslizamientos de la tierra, licuefacción y movimiento lateral de las tuberías) y por propagación de las ondas o temblores del suelo [Ballantyne 2008]. Dichos desplazamientos y fuerzas pueden dar como resultado compresión o corrugamiento de las tuberías y grietas y separación en las juntas, soldaduras, bridas y conectores [Ballantyne 2008].

El huracán Katrina provocó daños importantes en las instalaciones marítimas de gas natural que dieron como resultado liberaciones de gas desde las tuberías en 72 ubicaciones [DNV 2007]. Los daños a las instalaciones de refinación de combustible y de procesamiento de gas natural causados por el huracán Katrina y Rita resultaron en una pérdida de aproximadamente el 8% de la capacidad de la nación para refinar y procesar los combustibles, lo cual redujo en gran medida el suministro interno [DNV 2007].

Además, los daños también causaron el equivalente a una pérdida de casi el 11% del consumo total de gas de un día promedio para todo el país [DNV 2007].

En cambio, el huracán Sandy dañó las refinerías del petróleo, no las tuberías. Debido a que se desconectaron las refinerías, se disminuyó en gran medida el movimiento del petróleo en las tuberías para compensar las pérdidas de las instalaciones de apoyo. Se redujeron los suministros de combustible desde la costa del golfo hasta la costa este, Nueva Jersey y Nueva York, lo que creó un problema en la cadena de suministro en Nueva Jersey y Nueva York. Sin embargo, los daños en las instalaciones no causaron los efectos a largo plazo que provocaron los daños del huracán Katrina en 2005 [EIA 2012].



Figura 13-9: Daños causados por incendios debido a una rotura de tuberías de gas
[Fuente: Christopher Mardorf, FEMA 2014]

Los terremotos de Northridge (1994), del estado de Washington (1997) y de Napa, California (2014) dañaron las tuberías de gas natural. Los daños dieron lugar a los incendios (Northridge, Napa) y a una explosión (estado de Washington), lo que causó daños adicionales en propiedades [Ballantyne 2008]. La Figura 13-9 muestra un ejemplo de los daños en propiedades causados por los incendios de las líneas de gas rotas.

La PHMSA identificó cinco zonas para que los gobiernos locales desarrollen estrategias de mitigación para mejorar la protección de las tuberías y aumentar la resiliencia del sistema de transmisión: 1) conocimiento acerca de las tuberías (educación y divulgación), 2) mapeo de tuberías, 3) prevención de daños en las excavaciones, 4) uso de la tierra y planificación del desarrollo cerca de las tuberías de transmisión y 5) respuesta ante emergencias relacionadas con las tuberías [PHMSA 2013]. La identificación de las ubicaciones de las tuberías y la introducción de la información en el Sistema Nacional de Mapeo de Tuberías es parte del paso 2, que caracteriza el entorno construido (consulte el Volumen 1). Conocer donde se ubican las tuberías es importante para la planificación integral de la resiliencia. El diseño o la ubicación de las tuberías para evitar zonas de licuefacción, fallas sísmicas, zonas de hundimientos y llanuras aluviales solo son factibles si se conocen y mapean la ubicación de las tuberías y los peligros. De forma similar, el gobierno local puede crear una zona de amortiguación alrededor de las tuberías para proporcionar otro margen de seguridad a los residentes y negocios cercanos y brindar un mejor acceso al equipo de respuesta de reparación o emergencia. Las medidas de mitigación estructural pueden ayudar a mitigar daños sísmicos, como la sustitución de tuberías antiguas por tuberías de acero modernas y uniones soldadas mediante arco eléctrico, evitar el uso de anclajes para permitir el movimiento de las tuberías con el suelo, aplicar un revestimiento o una cubierta para minimizar la fricción del suelo y mejorar el movimiento de las tuberías, instalar un sistema de control automático para garantizar el cierre rápido de los sistemas de tuberías dañados y construir tuberías en paralelo para agregar redundancia en el sistema [Ballantyne 2008].

La Asociación Estadounidense de Líneas Vitales [ALA 2005] identificó las métricas de desempeño de alto nivel para los sistemas de tuberías que se muestran en la Tabla 13-1. En la Tabla 13-2 se presenta calificación cualitativa de los peligros para los componentes y las instalaciones del sistema habitual de tuberías del estudio ALA [2005].

Conviene observar que, durante los últimos años, los problemas de seguridad cibernética de los sistemas de tuberías se han convertido en una preocupación cada vez mayor. Las agencias federales, incluido el Departamento de Seguridad Nacional, trabajan con empresas para mejorar la seguridad de los sistemas informáticos de control de tuberías.

Tabla 13-1: Métricas de rendimiento de alto nivel para los sistemas de tuberías de la Asociación Estadounidense de Líneas Vitales [Adaptado de ALA 2005]

Resultados deseados (objetivos de desempeño)	Métricas de desempeño del sistema					
	Pérdidas de capitales (\$)	Pérdidas de ingresos (\$)	Perturbación del servicio (% de población de servicio)	Tiempo de inactividad (horas)	Víctimas (muertos, heridos)	Producto perdido
Proteger la seguridad pública y del personal de servicios públicos					X	X
Mantener la confiabilidad del sistema			X	X		
Evitar la pérdida monetaria	X	X	X	X		X
Evitar el daño ambiental						X

Tabla 13-2: Calificación cualitativa de la vulnerabilidad a los peligros de los componentes e instalaciones habituales de los sistemas de tuberías [Adaptado de ALA 2005]

Peligros	Grado de vulnerabilidad									
	Tuberías de transmisión	Estaciones de bombeo	Estaciones de compresión	Instalaciones de procesamiento	Tanques de almacenamiento	Sistemas de control	Operaciones de mantenimiento Edificios y equipos	Normativas de presión/ Estaciones de medición	Tuberías de distribución	Conexiones o líneas de servicio
Peligros naturales										
Temblores por terremotos	B	M	M	M	A	M	A	B	B	M
Deformaciones permanentes del suelo por terremotos (roturas por fallas, licuefacción, deslizamiento de la tierra y asentamiento)	A	-	-	-	B	-	-	B	H (enterrado)	M
Movimientos de la tierra (deslizamiento de la tierra, levantamiento por congelación, asentamiento)	A	-	-	-	B	-	-	B	H (enterrado)	M
Inundaciones (fluviales, marejadas, tsunamis y seiches)	B	A	A	A	M	A	A	A	B	M
Vientos (huracanes, tornados)	B (aéreo)	-	-	-	-	B	B	-	-	-
Heladas	B	-	-	-	-	-	-	-	B	-
Peligros colaterales: explosiones o incendios	M	A	A	A	A	M	B	B	B	M
Peligros colaterales: inundaciones de diques	B	A	A	A	M	A	A	A	B	M
Peligros colaterales: derrumbes cercanos	-	B	B	B	-	B	B	B	M	B

Amenazas a los seres humanos										
Ataque físico (biológico, químico, radiológico y de explosión)	M	M	M	M	-	M	M	-	M	-
Ataque cibernético	-	B	B	B	-	A	B	-	B	-

Nota: los grados de vulnerabilidad se disponen de la siguiente manera: A = alto, M = moderado, B = bajo. Cuando se ubica un componente o sistema dentro de un edificio, se debe tener en cuenta tanto la vulnerabilidad del edificio como la del componente. Por ejemplo, si existe la posibilidad de que se derrumbe el edificio o de que se produzca una evacuación obligatoria, el equipo alojado en su interior está en peligro. Las entradas en esta tabla asumen que el componente se construyó luego de 1945.

18.3. Objetivos de desempeño

Los objetivos de desempeño para el sistema de transporte deben alinearse con los objetivos comunitarios más amplios establecidos (consulte el Paso 3, Determinar metas y objetivos en el Volumen 1). Las partes interesadas clave dentro de la comunidad, como los propietarios, ingenieros, planificadores, reguladores, representantes de códigos y normas y representantes de otros sistemas de infraestructura (p. ej., energía y agua/aguas residuales) deben ayudar a desarrollar o revisar los objetivos de desempeño. Los usuarios de los sistemas de transporte pueden incluir personas que trabajan en otro lado, distritos escolares, servicios de respuesta ante emergencias, negocios locales y otros propietarios privados y comerciales. Las partes interesadas pueden incluir el DOT estatal, el DOT de la ciudad, los ingenieros de los municipios, las autoridades de transporte, de autopistas y de aeropuertos, Amtrak, los ferrocarriles de carga y secundarios, los operadores independientes de taxis, autobuses, terminales marítimas, aerolíneas y camiones, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), la FHWA, la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés), la Administración Federal de Ferrocarriles (FRA, por sus siglas en inglés), la Administración Federal de Transporte (FTA, por sus siglas en inglés), la Guardia Costera de Estados Unidos (USCG, por sus siglas en inglés), los funcionarios de códigos de estado, ciudad y municipio, la Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras y Transportes Estatales (AASHTO, por sus siglas en inglés), la Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías (AREMA, por sus siglas en inglés), la Oficina de Servicios Médicos de Emergencia (EMS, por sus siglas en inglés) de estado, ciudad y municipio.

En el caso de los sistemas de transporte, es indispensable que se involucren otros sistemas de infraestructura en el establecimiento de los objetivos de desempeño, ya que tienen dependencias sólidas en los sistemas de transporte, tal como se analizó en la Sección 13.1.2. Por ejemplo, tanto las líneas de distribución aéreas como las subterráneas para los sistemas de energía y de comunicación se encuentran a menudo en el derecho de paso de las carreteras y los puentes, por lo que están sujetas a los requisitos del DOT. Los servicios públicos como el agua, el gas y las aguas residuales también pueden tener líneas debajo de la tierra, dentro del área con derecho de paso. Los sistemas ferroviarios ligeros y de pasajeros dependen en gran medida de los sistemas de energía.

El ejemplo de la Tabla 13-3 de objetivos de desempeño permite que las comunidades resuman el desempeño deseado (futuro) y el previsto (actual) de los sistemas de transporte para el evento peligroso especificado en la tabla de Incidentes (tabla superior izquierda en la Tabla 13-3). Los objetivos de desempeño en esta Guía se definen como “tiempo hasta la recuperación de la función” luego de un evento peligroso. Se proporcionan ejemplos de objetivos de desempeño para la comunidad ficticia de Riverbend,

EE.UU. en el Volumen 1. Estos ejemplos de objetivos de desempeño tienen la intención de ilustrar el proceso de seis pasos.

La tabla de ejemplo para los objetivos de desempeño tiene tres categorías funcionales para los servicios de transporte general que apoyan el ingreso, la evacuación y la resiliencia comunitaria. El ingreso se refiere al transporte de bienes, servicios y grupos de primera respuesta en una comunidad inmediatamente después de un evento peligroso y en el período de reconstrucción y recuperación. La evacuación se refiere a la necesidad de desalojar a la población antes e inmediatamente después de un evento peligroso. La red de transporte debe ser viable y capaz de proporcionar una evacuación segura para todas las personas que se encuentran en la comunidad afectada. La recuperación de la comunidad aborda los sistemas de transporte que apoyan la recuperación de los grupos de edificios y otras necesidades de la comunidad. Por ejemplo, los segmentos de la red de transporte tendrán que proporcionar paso a las instalaciones críticas directamente después de un evento. Se necesitarán segmentos adicionales para apoyar los negocios cuando vuelvan a abrir varios días o semanas después.

Los tiempos de recuperación se pueden desglosar en tres etapas principales: a corto, medio y largo plazo. La etapa a corto plazo (de 0 a 3 días) apoya la recuperación inmediata de la comunidad. La etapa de recuperación a medio plazo (de 1 a 12 semanas) apoya el regreso de las personas y los negocios a sus funciones diarias. La etapa de recuperación a largo plazo (de 4 a 36 semanas) apoya la necesidad de reconstruir, reacondicionar y fortalecer la red de transporte.

Tabla 13-3: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de transporte a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}								
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado							
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado							
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado							
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto							

Infraestructura de transporte	Apoyo necesario ⁴	Desempeño del peligro de diseño								
		Etapa 1 Corto plazo			Etapa 2 Medio plazo			Etapa 3 Largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
Ingreso (bienes, servicios y ayuda en desastres)										
Carreteras, puentes y túneles locales										
Autopistas, puentes y túneles estatales										
Autopistas, puentes y túneles nacionales										
Aeropuerto regional										
Aeropuerto nacional/internacional										
Aeropuertos militares										
Puerto marítimo										
Terminal de transbordadores										
Estación de metro										
Estaciones de ferrocarriles										
Evacuación (salida de emergencia, evacuación, etc.)										
Carreteras, puentes y túneles locales										
Autopistas, puentes y túneles estatales										
Autopistas, puentes y túneles nacionales										
Aeropuerto regional										
Aeropuerto nacional/internacional										
Aeropuertos militares										
Estación de metro										
Terminal de transbordadores										
Estaciones de ferrocarriles										
Recuperación de la comunidad										
Instalaciones críticas										
Hospitales										
Policía y estaciones de bomberos										
Centros de operaciones de emergencia										
Viviendas de emergencia										
Residencias										
Viviendas de respuesta ante emergencias										
Refugios públicos										
Viviendas/vecindarios										
Instalaciones de servicios esenciales de la ciudad										
Escuelas										
Consultorios de proveedores médicos										
Venta al por menor										
Recuperación de la comunidad										
Residencias										
Venta al por menor en el vecindario										
Oficinas y lugares de trabajo										
Servicios de la ciudad que no son de emergencia										
Todos los negocios										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).

Cada comunidad debe identificar y planificar los peligros predominantes que pueden tener un impacto negativo importante en el entorno construido. En el Capítulo 4 (Volumen 1) se detalla un análisis completo de los tipos y niveles de peligros.

Se identifica la zona afectada de un evento peligroso específico, que suele depender del tipo y la intensidad del peligro, para apoyar la planificación de resiliencia. Por ejemplo, los terremotos y los huracanes generalmente tienen grandes zonas afectadas, mientras que los tornados y los tsunamis tienen zonas afectadas relativamente pequeñas. La zona afectada indica el alcance de los daños posibles causados por el evento peligroso, incluidas las comunidades circundantes, que impactará la duración del proceso de recuperación.

El nivel de perturbación, por otro lado, es una estimación general de la perturbación posible del sistema de infraestructura de transporte en su conjunto y debe especificarse como menor, moderada o grave.

La Tabla 13-4 proporciona un ejemplo de los objetivos de desempeño para las tuberías. Los sistemas de tuberías que más probablemente afectarán a una comunidad son los sistemas de distribución de combustibles líquidos y gas natural, en lugar de los sistemas de producción o transmisión. Debido a que el gas natural y el petróleo cumplen funciones similares a las de la energía eléctrica en los mercados residencial y comercial, las categorías funcionales enumeradas en la Tabla 13-4 son esencialmente las mismas que las correspondientes tablas de objetivos de desempeño para los sistemas de transmisión y distribución de electricidad del Capítulo 13.

Para establecer los objetivos de desempeño de los sistemas de transportes, es necesario priorizar los sistemas y componentes de transporte que apoyan la respuesta y recuperación deseada de la comunidad en función de su papel en la comunidad. La capacidad de cada sistema para cumplir eficazmente su función es un equilibrio entre el volumen de personas o bienes que el sistema puede transportar y su interfaz con la comunidad local a la que presta servicios. Por ejemplo, las autopistas están diseñadas como redes para la evacuación y el desalojo. Las calles locales alimentan las rutas estatales del condado, que, a su vez, abastecen las autopistas estatales, que suministran las autopistas interestatales. La capacidad de cada sector es proporcional a la demanda. Si se bloquea una calle local, se puede encontrar un desvío a otra calle y el impacto en la congestión del tráfico es pequeño. Si se bloquea una autopista interestatal principal, las consecuencias son más importantes porque se necesitarán las rutas de desvío para grandes volúmenes de tráfico.

A su vez, las normas de diseño de las autopistas son más estrictas para las autopistas interestatales porque son fundamentales para el movimiento de personas y bienes. Se las clasifica en función de si se encuentran por encima de las llanuras aluviales, si se podan los árboles de los arcenes, si las pendientes de las rocas se encuentran detrás de los arcenes y si se realiza un buen mantenimiento. Las autopistas son las siguientes en el nivel de normas de desempeño y siguen las rutas de condados numeradas.

Al establecer los objetivos de desempeño para la infraestructura del sistema de transporte, el cumplimiento de las normas estatales, federales y de la industria puede plantear algunas limitaciones. En la mayoría de los casos, las normas y las especificaciones de diseño para la infraestructura de transporte establecen los mínimos requisitos que pueden superarse. Sin embargo, en algunos estados, la legislación evita que las jurisdicciones locales superen las normas y las especificaciones estatales.

Cada mejora de desempeño tiene un costo financiero asociado, un programa y posibles inconvenientes para que la comunidad modifique la infraestructura existente. La obtención de fondos del gobierno estatal o federal necesitará documentación de apoyo para establecer los beneficios comunitarios que justifiquen los gastos. Las soluciones que favorecen los intereses de muchas partes interesadas y conducen a situaciones en las que todos ganan tienen más probabilidades de obtener el apoyo generalizado de la comunidad y de los funcionarios electos.

Tabla 13-4: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}	
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto

Tuberías	Apoyo necesario ⁴	Desempeño del peligro de diseño								
		Etapa 1 Corto plazo			Etapa 2 Medio plazo			Etapa 3 Largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
Distribución										
Instalaciones de respuesta crítica y sistemas de apoyo										
Hospitales, policía y estaciones de bomberos										
Centros de operaciones de emergencia										
Centros de reciclado de escombros										
Sistemas de líneas vitales relacionados										
Viviendas de emergencias y sistemas de apoyo										
Refugios públicos (población general, animales, etc.)										
Centros de distribución de alimentos										
Hogares de ancianos y viviendas de transición										
Refugio de emergencias para la fuerza laboral										
Sistemas de líneas vitales relacionados										
Vivienda e infraestructura del vecindario										
Instalaciones de servicios esenciales de la ciudad										
Escuelas										
Consultorios de proveedores médicos										
Templos/lugares de meditación y de ejercicio										
Edificios/espacios para servicios sociales (p. ej., servicios para niños) y actuaciones judiciales										
Distribución de alimentos de supermercados locales (ubicación conocida por la comunidad)										
Infraestructura de recuperación comunitaria										
Restauración de viviendas residenciales										
Negocios comerciales e industriales										
Servicios de la ciudad que no son de emergencia										
Infraestructura de recuperación comunitaria										
Restauración de viviendas residenciales										
Negocios comerciales e industriales										
Servicios de la ciudad que no son de emergencia										
Sistemas de líneas vitales relacionados										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).

De manera similar, los puentes de las autopistas y los túneles de las carreteras son parte de la infraestructura de las autopistas y no se les puede dar prioridad por separado de la autopista a la que conectan. Los puentes en las autopistas interestatales son más importantes que los puentes de las autopistas estatales y las rutas de los condados cuando se trata de la evacuación y el ingreso. No se les puede dar prioridad por separado a los puentes o túneles que son parte de un sistema de metro o ferroviario que dependen de ellos.

La lógica para priorizar las carreteras podrá ampliarse a toda la infraestructura de transporte que prestan servicios a la comunidad. Se resumen los siguientes sistemas de transporte y su papel en el apoyo de las funciones comunitarias para su consideración a la hora de establecer los objetivos de desempeño del sistema de transporte:

1. Las rutas de evacuación y las de acceso de emergencia están designadas para funcionar como una red que transfiere vehículos de las calles locales a las rutas del condado, las autopistas estatales e interestatales, trasladando a los viajeros a terrenos más altos o alejándolos de otros peligros, como una planta de energía nuclear. Las autopistas pueden tener Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) para notificarles a los viajeros los tiempos de viaje, los desvíos y posibles congestiones de tráfico que se podrían evitar. Los dispositivos de los ITS como cámaras, sensores y señales de mensajes variables permiten que los centros de control de tráfico se comuniquen con los viajeros en los vehículos para dirigirlos. Es posible que los planes de evacuación inviertan la dirección de las autopistas, de tal forma que todos los carriles de circulación sean de salida, para alejarse del peligro.
2. Las autopistas interestatales se construyen con estándares más altos y transportan el mayor volumen de vehículos, lo que las hace fundamentales en el sistema vial.
3. Las autopistas estatales son importantes por razones similares a las mencionadas anteriormente.
4. Rutas de condado numeradas (partes numeradas de sistemas completos).
5. Las tuberías que prestan servicios a los sistemas de energía en la comunidad. En la etapa a corto plazo, es necesario reparar las líneas de gas natural, combustible, agua y aguas residuales rotas para apoyar la recuperación.
6. Los autobuses utilizan las rutas de las autopistas descritas anteriormente. Se deben proteger, abastecer de combustible, ubicarse y organizarse estratégicamente las flotas de autobuses para apoyar la evacuación. Pueden trasladar grandes volúmenes de personas, especialmente aquellas que se encuentran en comunidades que no poseen vehículos. En la etapa a corto plazo, también pueden trasladar grandes volúmenes de trabajadores humanitarios y de recuperación a una zona. En la planificación de la evacuación, se prefiere que las personas que no tienen acceso a los automóviles utilicen autobuses en vez de taxis o vehículos en alquiler, ya que genera menos congestión de la autopista.
7. En las grandes ciudades, los sistemas de transporte público subterráneo están generalmente diseñados para recoger a las personas que deben viajar diariamente al centro de la ciudad desde sus comunidades locales a pie, en bicicleta, en autobús, en el ferrocarril regional, desde estacionamientos disuasorios y en vehículos en alquiler. Las líneas de metro también se conectan en estaciones de transferencia, que funcionan como centros para que las personas que viajan diariamente puedan llegar a la estación de destino específica más cercana a su lugar de trabajo. Al final del día laboral, desempeñan estas funciones en sentido contrario. Los sistemas de metro pueden trasladar grandes volúmenes de personas con motivos de evacuación lejos del peligro en el centro de la ciudad. Cuando se utilizan con motivos de ingreso, es probable que las rutas del metro les permitan a los pasajeros utilizar las estaciones de transferencia para llegar a un punto cercano a sus destinos si está cerrada su estación normal de destino. Los metros pueden no ser

útiles para la evacuación o el ingreso de eventos distintos a los aquí descritos. Por esta razón, se les da prioridad a los autobuses.

8. Los sistemas de transporte ferroviarios ligeros a menudo conectan comunidades, el centro de la ciudad y otros modos de transporte, como aeropuertos o estaciones de ferrocarriles de pasajeros. Transportan volúmenes de pasajeros mucho menores a velocidades inferiores a las de los sistemas de transporte público, pero ofrecen un servicio más frecuente con trayectos más cortos entre trenes. En general, los sistemas ferroviarios ligeros no son tan resilientes como otros sistemas ferroviarios. No funcionan en situaciones de vientos fuertes y tienen problemas cuando ocurren heladas, ya que están alimentados por catenarias eléctricas aéreas o tienen barras conductoras eléctricas similares, aunque menos robustas, a las de los terceros carriles.
9. Generalmente, el ferrocarril regional está diseñado para recoger a las personas que viajan diariamente al centro de la ciudad desde las comunidades suburbanas locales a través de estaciones locales o distribuirlos en la dirección opuesta. El viaje a las estaciones se realiza en automóvil, taxi, vehículo en alquiler, a pie o en bicicleta. Algunas estaciones son centros con estacionamientos disuasorios o garajes grandes. El ferrocarril regional suele alimentar una estación terminal multimodal en el centro de la ciudad o del pueblo donde los pasajeros prolongan su viaje a su destino final en tren interurbano, metro, sistemas de transporte de autobuses o taxis. Algunos ejemplos de ferrocarriles regionales son Penn Station en la ciudad de Nueva York y Union Station en Washington, DC. El ferrocarril regional puede funcionar para la evacuación o el ingreso; sin embargo, los viajeros que se evacúan desde los suburbios necesitan saber si funcionan los demás sistemas de transporte de los que dependen para las conexiones.
10. Se puede utilizar el ferrocarril interurbano, como el Amtrak, para la evacuación de los viajeros que necesitan regresar a sus comunidades o para la evacuación de residentes a otras comunidades. En el modo de ingreso, pueden traer trabajadores de recuperación de ciudades distantes que no hayan sido afectadas por el evento peligroso. Las estaciones ferroviarias interurbanas suelen encontrarse en el centro del pueblo o la ciudad y están bien conectadas con el tren regional o el metro local o el sistema de transporte público de autobuses con servicio de taxis y alquiler de coches.
11. Las líneas ferroviarias de carga se conectan con los centros principales de distribución en las ciudades del interior y con las instalaciones portuarias principales en las costas. El uso para la evacuación incluiría la remoción de escombros y residuos. El uso para el ingreso incluiría los suministros de recuperación, la carga a granel y los equipos pesados.
12. Los viajeros que regresan a sus casas o los residentes comunitarios que evacúan a otras ciudades pueden utilizar los aeropuertos nacionales o internacionales. En el modo de ingreso, pueden recibir grandes volúmenes de ayuda de emergencia como carga aérea y traer a los trabajadores de recuperación desde lugares distantes que no hayan sido afectados por el evento peligroso. Por lo general, los aeropuertos están bien conectados a la red de autopistas regionales, que es probable que sea el primer transporte local que funcione luego de un evento peligroso. Pueden estar conectados a ferrocarriles regionales, sistemas de metro o sistemas ferroviarios ligeros.
13. Los aeropuertos regionales pueden tener una función similar a los aeropuertos nacionales o internacionales que prestan servicios a las comunidades que se encuentran fuera de las grandes ciudades. Las redes de autopistas que apoyan estos aeropuertos deben diseñarse en función de los menores volúmenes de carga y pasajeros a los que transportan.
14. Los puertos marítimos se componen de muelles, vías navegables, esclusas e instalaciones de apoyo en zonas montañosas, que incluyen centros de almacenamiento y distribución, grúas de carga y contenedores, playas ferroviarias de carga intermodal e instalaciones de transferencia e inspección de camiones. La evacuación en estas instalaciones implica programar grandes barcos contenedores y buques de carga para su desvío a otros puertos y enviar las exportaciones

ferroviarias y de camiones a otros puertos. El ingreso para los suministros de recuperación y la carga a granel y en contenedores solo se lleva a cabo luego de la restauración de los muelles, las vías navegables, las instalaciones de apoyo en zonas montañosas y las autopistas de conexión y las playas ferroviarias.

15. Los grandes buques transbordadores trasladan volúmenes importantes de personas a través de masas de agua que, de otra manera, exigirían viajar grandes distancias en otros medios de transporte. Algunos ejemplos de estos son el sistema de transbordadores en San Francisco y el Staten Island Ferry en la ciudad de Nueva York. Ejercen muy bien esta función en caso de emergencia para la evacuación o el ingreso. Sin embargo, su funcionamiento se ve limitado en condiciones de tormenta, ya que en esos casos se exige que se detenga su operación. Los grandes sistemas de transbordadores tienen sólidos sistemas de atraque para terminales de transbordadores que son menos propensos a sufrir daños durante un evento de tormenta esperado; sin embargo, es posible que experimenten daños importantes en eventos de tormentas más extremos.
16. Las terminales de transbordadores para los buques más pequeños que trasladan menores volúmenes de viajeros no tienen una gran repercusión en la evacuación, excepto cuando pueden prestar servicios a comunidades costeras que, de otra manera, estarían aisladas (comunidades insulares). Además, durante las etapas de recuperación, se pueden establecer los funcionamientos temporarios de los transbordadores con rapidez para prestar servicios a las comunidades aisladas por masas de agua después de la limpieza de carreteras y puentes.

18.4. Entorno regulador

Muchos organismos reguladores en varios niveles de gobierno (federal, estatal y local) tienen autoridad en el sistema de transporte. El sistema de transporte no está regulado por un único organismo regulador, ni siquiera dentro de un único modo de transporte. Esta sección analiza los organismos reguladores de la infraestructura de transporte a niveles federales, estatales y locales.

Federal. Las agencias reguladoras federales supervisan las redes y los métodos de transporte utilizados en esas redes. Estas agencias promulgan las políticas y regulaciones para mantener la protección y seguridad de la infraestructura y sus funcionamientos. Una gran cantidad de agencias reguladoras que evalúan y controlan los diferentes sistemas de transporte, métodos y entornos de operación supervisan la industria del transporte. El Capítulo 15 sobre sistemas de agua y aguas residuales abarca aspectos ambientales como la calidad del aire y el agua y la gestión de residuos, así como las leyes ambientales de los sitios relacionados con la reglamentación.

La Tabla 13-5 resume los métodos de transporte utilizados, la propiedad habitual (pública o privada) y las autoridades responsables de la supervisión involucradas en su regulación. La Tabla 13-6 enumera el papel de las agencias clave federales que supervisan la industria de transporte.

Regionales, estatales y locales. Se incentivó a las Organizaciones de Planeamiento Metropolitana (MPO, por sus siglas en inglés) a revisar la protección y seguridad de su red de transporte regional después de la promulgación de la Ley de Equidad en el Transporte Seguro, Responsable, Flexible y Eficiente (SAFETEA-LU, por sus siglas en inglés): Un legado para los usuarios en 2005. La FHWA financió e incentivó a las MPO en todos los Estados Unidos para que buscaran las maneras de fomentar la planificación de protección y seguridad, incluidos los esfuerzos de resiliencia, en los planes de capital a largo plazo que desarrollaron y financiaron las MPO.

Carreteras, puentes, autopistas y túneles de carreteras. Moving Ahead for Progress in the 21st Century (MAP-21) [Avanzando hacia el progreso en el siglo XXI] es un proyecto de ley firmado en julio de 2012 [FHWA 2015b]. El MAP-21 pone a disposición fondos para estudios relacionados con los efectos de los peligros climáticos y naturales para mejorar la difusión de productos de investigación, acelerar el

despliegue de las nuevas tecnologías y asegurar que se informen y actualicen los programas existentes. El MAP-21 exige que el DOT de los EE. UU. cree una oficina que supervise una biblioteca nacional de transporte, un concejo asesor sobre estadísticas de transporte y una base de datos nacional. El proyecto de ley ofrece la opción de desarrollar un centro nacional de datos para las agencias de transporte, que incluye información relacionada con el clima y el desarrollo de códigos y normas.

Aire. La FAA regula los aeropuertos de servicios comerciales según el Código de Regulaciones Federales (CFR, por sus siglas en inglés), 14 CFR Parte 139 de la Certificación de Aeropuertos. Esta regulación prescribe las reglas que gobiernan la certificación y el funcionamiento de los aeropuertos en todos los estados de los Estados Unidos, el distrito de Colombia o todos los territorios o posesiones de los Estados Unidos que brinden servicio regular de pasajeros de una aeronave con capacidad para más de 9 asientos de pasajeros. Las Circulares de Aviso (AC, por sus siglas en inglés) contienen métodos y procedimientos que los titulares de certificados utilizan para cumplir con los requisitos de la Parte 139.

El Plan de Emergencia Aeroportuaria de la FAA AC 150/5200-31C proporciona orientación al operador del aeropuerto en el desarrollo y la implementación de un Plan de Emergencia Aeroportuaria (AEP, por sus siglas en inglés) que debe incluir las acciones esenciales a realizar en el caso de posibles emergencias, entre ellos los peligros naturales. La orientación incluye la mitigación, como la zonificación y la construcción resistente a terremotos, como un componente importante del manejo integral de emergencias.

Puertos, muelles y vías navegables. Las agencias reguladoras estatales supervisan los puertos, los muelles y las vías navegables. La Consistencia Federal de Manejo de la Zona Costera es un proceso que exige que las agencias federales sigan políticas estatales de manejo costero al llevar a cabo un proyecto o emitir un permiso que podría afectar los recursos costeros. También permite una mayor coordinación entre las agencias gubernamentales.

Se puede abordar la mitigación de peligros naturales por medio de normativas, independientemente de los códigos y las normas seleccionados. Estas normativas se aplicarían a un proyecto determinado, como si fueran un pilar o una mampara, ya sea que se proponga como parte del desarrollo de una propiedad en zonas montañosas o para proteger dicha propiedad del aumento del nivel del mar durante un período prolongado.

Tabla 13-5: Propiedad de la infraestructura de transporte y agencias reguladoras que gobiernan

Industria	Infraestructura	Tipo	Método de transporte	Público	Privado	Autoridad responsable de la supervisión																
						DHS	FEMA	NTSB	USDOT	FR A	FT A	TS A	F M C S A	F H W A	U S C G	E P A	F A A	Otras agencias estatales				
Transporte de superficie	Ferrocarril	Pasajero	Tren interurbano (Amtrak)	X		X	X	X	X	X		X						X				
			Tren de cercanías	X		X	X	X	X	X	X	X	X						X			
			Metro	X		X	X	X	X		X	X							X			
			Tren ligero	X		X	X	X	X		X	X							X			
			Plano inclinado	X		X	X	X	X		X	X							X			
			Tranvía/funicular	X		X	X	X	X		X	X							X			
	Carreteras, puentes y túneles locales	Pasajero	Carga	Transportistas de carga de clase 1		X	X	X	X	X		X							X			
				Autocar interurbano	X	X	X	X	X	X		X	X							X		
				Autobús/autocar interurbano	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						X	
				Paratránsito/colectivo	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						X	
				Taxis	X	X	X	X	X	X			X	X	X						X	
				Autos personales		X				X											X	
		Marítimo	Pasajero	Carga	Líneas de envío		X			X	X			X			X	X			X	
					Transbordadores	X		X	X	X	X		X	X		X	X	X				X
					Embarcaciones comerciales		X			X	X			X			X	X				X
					Embarcaciones personales		X			X	X			X			X	X				X
			Carga	Cargueros		X	X	X	X	X			X			X	X				X	
				Garrabas		X	X	X	X	X			X			X	X				X	
			Aire	Aire	Pasajero	Aviones comerciales		X			X	X			X				X	X		X
						Dirigibles		X			X	X			X				X	X		X
Drones	X	X						X	X			X				X	X		X			
Carga	Carga aérea comercial				X			X	X			X				X	X		X			

Tabla 13-6: Función de la agencia responsable de la supervisión de transporte

Agencia	Función y sitio web
Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT)	Brinda supervisión a las redes de transporte. Incluye agencias como la FHWA, FTA, FRA, FAA, Junta de Transporte Terrestre y Administración Marítima (www.dot.gov).
Administración Federal de Carreteras (FHWA)	Apoya a los gobiernos estatales y locales en el diseño, la construcción y el mantenimiento del sistema de carreteras (www.fhwa.dot.gov).
Administración Federal de Transporte (FTA)	Proporciona ayuda técnica y financiera a los sistemas de transporte públicos locales (www.fta.dot.gov).
Administración Federal de Ferrocarriles (FRA)	Supervisa los sistemas ferroviarios pesados de transporte de carga, de cercanías y de pasajeros interurbanos (www.fra.dot.gov).
Administración Federal de Aviación (FAA)	Supervisa toda la aviación civil en el país (www.faa.gov).
Administración de Seguridad en el Transporte (TSA)	Evita la destrucción o inhabilitación intencional de todos los modos de transporte. Impone la supervisión y normativa de la seguridad en la aviación, autopistas, transportes públicos, ferrocarriles de carga y de pasajeros, tuberías y marítimos, donde comparte la supervisión con la Guardia Costera de Estados Unidos (www.tsa.gov).
Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA)	Coordina la respuesta ante algún desastre que haya ocurrido en los Estados Unidos, y que abruma los recursos de las autoridades estatales, y apoya la planificación para reducir las vulnerabilidades (www.fema.gov).
Guardia Costera de Estados Unidos (USCG)	Supervisa la protección y seguridad de las vías navegables nacionales, incluidos los servicios comerciales de carga y pasajeros, y el transporte público como servicio de transbordadores municipales, los navegantes y los kayakistas (www.uscg.mil).
Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE)	Brinda ayuda en la operación de emergencia y restauración de las vías navegables internas, puertos y muelles bajo la supervisión de DOD/USACE, incluidas las operaciones de dragado, y asiste en la recuperación de la infraestructura del transporte (www.usace.army.mil).
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)	Protege la salud de las personas y el entorno al escribir y hacer cumplir normativas que se basan en las leyes aprobadas por el Congreso (www.epa.gov).
Administración de Seguridad de Tuberías y Materiales Peligrosos (PHMSA)	Identifica y evalúa los riesgos de la seguridad, desarrolla y hace cumplir las normas para el transporte de los materiales peligrosos y para el diseño, la construcción, el funcionamiento y el mantenimiento de las tuberías que transportan gas natural o líquidos peligrosos (www.phmsa.dot.gov).
Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC)	Supervisa la transmisión y la venta al por mayor de electricidad y gas natural en el comercio interestatal y regula el transporte de petróleo a través de tuberías en el comercio interestatal (www.ferc.gov).

Tuberías. Los programas nacionales de seguridad de tuberías son supervisados por el Congreso y administrados por la PHMSA. Sin embargo, la PHMSA delega la mayor parte de estas responsabilidades para las líneas intraestatales (generalmente las tuberías de recolección y distribución) a los estados. La PHMSA retiene el papel de inspector de seguridad primario para tuberías interestatales (generalmente, las tuberías de transmisión), excepto en 11 estados (Arizona, California, Connecticut, Iowa, Michigan, Minnesota, Nueva York, Ohio, Washington, Virginia y Virginia Occidental). El personal estatal de seguridad de tuberías representa más del 75% de la fuerza laboral de inspección estatal/federal, aunque los empleados estatales representen el 40% del presupuesto federal de seguridad de tuberías. Esto significa que la mayor parte de la responsabilidad de seguridad e inspección recae en el ámbito estatal. De acuerdo con la ley existente, los estados optan por tener esta relación con PHMSA. Si un estado decide no participar, la PHMSA realiza la inspección de seguridad por su cuenta. Actualmente, esto se aplica solo a Alaska y Hawái.

Todos los programas estatales deben certificar ante el DOT que adoptarán normativas que son tan estrictas como las Normativas Federales de Seguridad de Tuberías. Los estados tienen permitido adoptar normativas de seguridad de tuberías más estrictas que las del gobierno federal y la gran mayoría de los estados tienen requisitos más estrictos. Las normativas estatales se desarrollaron a lo largo de los años según los resultados específicos de las inspecciones estatales, los cambios en las prioridades públicas y el aumento de las expectativas de seguridad del público local. En un informe de 2013 emitido por la Asociación Nacional de Representantes de Seguridad de Tuberías (NAPSR, por sus siglas en inglés), con ayuda y apoyo de Asociación Nacional de Comisionados de Servicios Públicos (NARUC, por sus siglas en inglés), se señaló que se halló que la mayoría de los estados adoptó normativas de seguridad de tuberías más estrictas que las federales. El informe también contiene una recopilación de normativas estatales e identifica aquellas que superan los requisitos federales. [NAPSR 2013].

La PHMSA tiene normas de diseño y seguridad separadas para las tuberías de gas natural y líquidos (Parte 192 de 49 CFR para gas natural y CFR Parte 49 de 195 para líquidos). Las normativas también proporcionan orientación para la gestión y el funcionamiento adecuados de estas tuberías.

18.5. Códigos y normas

La industria del transporte utiliza códigos y normas para establecer los criterios mínimos aceptables para el diseño y la construcción. Aunque la adopción de los códigos es importante, la aplicación es clave para asegurar el cumplimiento del entorno construido con los códigos y las normas. Las siguientes secciones analizan algunas de las normas y algunos de los códigos para cada sistema de transporte:

Instalaciones de transporte. Las estaciones, las terminales, las instalaciones de mantenimiento, las subestaciones, las instalaciones de almacenamiento de carga y otros edificios que apoyan el sistema de transporte están regidos por códigos de edificación locales y estatales adoptados, que a menudo se basan en los códigos modelos. Muchas ciudades y muchos estados están adoptando códigos internacionales de edificación modelo. Se puede encontrar más información en los códigos y las normas aplicables en el Capítulo 12 (Edificios).

Carreteras, puentes, autopistas y túneles de carreteras. La AASHTO es un organismo de establecimiento de normas que publica especificaciones, protocolos de pruebas y directrices utilizadas en el diseño y la construcción de autopistas y puentes en todo Estados Unidos. Las especificaciones de la AASHTO para el diseño de puentes tienen en cuenta los efectos en el frente costero, ya que a menudo se extienden a lo largo de las vías navegables. Por lo tanto, las disposiciones de estas especificaciones suelen utilizarse en el diseño de estructuras portuarias similares.

Ferrocarril. La Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías (AREMA) escribió el Manual de Ingeniería Ferroviaria (MRE, por sus siglas en inglés) [AREMA 2015a]

y el Manual de Comunicaciones y Señales, entre otras guías. El MRE se actualiza todos los años con nuevas normas de diseño para ferrocarriles fijos.

Aire. En el caso de los aeropuertos, la FAA puede aceptar las normas estatales para los materiales y métodos de construcción. En ciertas condiciones, se acepta el uso de las normas dimensionales que se diferencian de las normas en las Circulares de Aviso de la FAA para los aeropuertos obligados o certificados por el gobierno federal.

Muchas comunidades cuentan con ordenanzas de zonificación, códigos de edificación y normativas contra incendios que pueden imponer requisitos adicionales sobre el desarrollo y las operaciones del aeropuerto. Por ejemplo, si se construye un nuevo hangar u otra estructura en un aeropuerto existente, se debe recibir la aprobación o los permisos del departamento de edificación local o de la autoridad de planificación. A modo de ejemplo, el municipio de Lincoln Park, Nueva Jersey tiene requisitos estrictos de gestión de aguas pluviales debido a la alta probabilidad de peligro de inundación.

La FAA emite avisos que rigen las normas de ingeniería, diseño y construcción de diversos equipos, instalaciones y estructuras relacionadas con los aeropuertos. Su Serie 150 AC Library tiene una lista completa de las circulares de aviso actuales. Si se financia un proyecto total o parcialmente a través de la FAA, este cumplirá con estas normas.

Las Circulares de Aviso (AC, por sus siglas en inglés) incluyen normas para el diseño general de los aeropuertos, que especifican la construcción, el diseño y la instalación de ayudas visuales, el diseño de drenajes, los sistemas de vías de acceso, el diseño de pavimentos de pistas de aterrizaje, rodaje e iluminación y las directrices de planificación y diseño para las terminales e instalaciones aeroportuarias. Las AC definen criterios de diseño para la mayoría de los detalles de las instalaciones de un aeropuerto, lo que incluye los edificios terminales, la iluminación y las ayudas de navegación. Estos documentos definen los criterios uniformes para el diseño y la construcción, pero no abordan específicamente los eventos climáticos extremos más allá de una construcción de drenajes para una tormenta de 50 años.

Puertos, muelles y vías navegables. En la declaración del propósito y la necesidad de un proyecto propuesto, la base del diseño debe indicar las normas y los códigos utilizados y las normativas y directrices que se aplican al proyecto. Las organizaciones que brindan códigos, normas y directrices comúnmente utilizadas en el diseño y la construcción de infraestructuras marítimas incluyen las siguientes:

- Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO)
- Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación (PIANC, por sus siglas en inglés)
- Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE)
- Instituto Americano del Concreto (ACI, por sus siglas en inglés)
- Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD, por sus siglas en inglés)
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE, por sus siglas en inglés)
- Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC, por sus siglas en inglés)
- Institución de Normas Británicas (BSI, por sus siglas en inglés)
- Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés)
- Instituto de Desarrollo de las Zonas Costeras en Ultramar del Japón (OCDI, por sus siglas en inglés)

La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) mantiene la Norma de Diseño Sísmico para Muelles y Embarcaderos ASCE 61 [2014a], que define un método de diseño basado en el desplazamiento para establecer directrices para que los muelles y los embarcaderos resistan los efectos de los terremotos [Meng and Qu 2010].

Muchas organizaciones tienen documentos de orientación que se basan en la experiencia industrial para complementar los códigos y las normas y brindar respaldo a los diseñadores.

El Instituto Americano del Concreto (ACI) desarrolló y mantiene la Guía para el Diseño y la Construcción de Estructuras Marinas Portuarias y Costeras de Concreto [Guide for Design and Construction of Waterfront and Coastal Concrete Marine Structures] de ACI 357.3R [2014]. Esta guía aborda la durabilidad y el mantenimiento de las estructuras portuarias de concreto, así como las técnicas de análisis y las metodologías de diseño.

La Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Marítimo [PIANC 2012] proporciona orientación especializada, recomendaciones y asesoramiento técnico para el diseño, desarrollo y mantenimiento de puertos, vías navegables y zonas costeras. Dos directrices de interés frecuente en el diseño portuario son las Directrices de Diseño Sísmico para Estructuras Portuarias [Asociación Internacional de Navegación 2002b] y las Directrices para el Diseño de los Sistemas de Defensa [Asociación Internacional de Navegación 2002a].

El DoD inició el programa de Criterios de Instalaciones Unificadas (UFC, por sus siglas en inglés) para unificar todos los criterios y las normas técnicas en relación con la planificación, el diseño y la construcción de las instalaciones, que fueron previamente emitidos por agencias de defensa individuales [NIBS 2015]. Cubren los muelles militares, las instalaciones costeras, construcciones portuarias y el diseño de muelles, embarcaderos e instalaciones de atraque y amarre.

El USACE publicó una gran biblioteca de Manuales de Ingeniería [USACE 2015] que abarca el diseño de diferentes obras civiles importantes a lo largo de las vías navegables y ambientes costeros. Los manuales, que generalmente se utilizan para el diseño portuario, cubren los muros de contención, las esclusas de navegación, las ataguías y el diseño y la ingeniería costera de revestimientos, malecones y mamparas, ninguno de los cuales incorpora específicamente las políticas de adaptación que apoyan la resiliencia [NYC DOT 2015].

Las normas del BSI para la construcción portuaria (BSI 6349, Estructuras Marítimas [BSI 2013]) abarcan criterios generales, materiales, diseño de muros de muelles, embarcaderos, delfines, astilleros navales y esclusas. También incluyen un código de práctica para el diseño de los sistemas de defensa y amarre, así como el diseño de rampas puente, pasarelas y rampas de carga y descarga.

Tuberías. Los empleados de la PHMSA participan en más de 25 organizaciones nacionales de establecimiento de normas de consenso voluntario que abordan el diseño, la construcción, el mantenimiento, la inspección y la reparación de las tuberías. Luego, la PHMSA revisa y aprueba las normas para su incorporación por remisión en sus normativas. Actualmente, la PHMSA incorpora, por remisión, todas o partes de más de 60 normas y especificaciones voluntarias desarrolladas y publicadas por organizaciones técnicas, que incluyen normas de ingeniería de consenso de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés), el Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés), la Asociación Americana de Gas, la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) Internacional. Por ejemplo, la Norma B31.8S de ASME establece prácticas de evaluación de riesgo para identificar las tuberías (principalmente las más antiguas) que podrían ser susceptibles a los problemas de integridad relacionados con materiales y construcción. Además, muchas agencias (federal, estatal y local) comparten la responsabilidad para desarrollar y hacer cumplir otros códigos y otras normas aplicables a la infraestructura de tuberías, como requisitos de control de erosión, ordenanzas sobre ruido y códigos de edificación.

18.5.1. Nuevas construcciones

Las directrices actuales de desarrollo del proyecto federal o estatal exigen un estudio ambiental en las primeras etapas de los proyectos de transporte para identificar los posibles impactos ambientales y los requisitos de permisos estatales y federales. El estudio debe proporcionar un nivel suficiente de comprensión de las rutas y ubicaciones proyectadas para permitirles a los ingenieros y planificadores identificar los posibles impactos.

Si se utilizan los fondos federales para el proyecto, estarán sujetos a revisión ambiental bajo la Ley de Política Nacional de Medio Ambiente (NEPA) [EPA 2008]. Los proyectos pasan por un proceso de especificación para establecer los parámetros generales del trabajo y la probabilidad de que se produzca un impacto. El proceso de especificación lleva a la determinación de una clase de acción que establece si el proyecto está exento categóricamente de la revisión de la NEPA o si necesitará una Evaluación Ambiental (EA, por sus siglas en inglés) o el nivel más alto de revisión, que es una Declaración de Impacto Ambiental (EIS, por sus siglas en inglés). Una EIS requiere la participación de la comunidad local y es una oportunidad importante para que esta analice la alineación de sus objetivos de resiliencia y los del proyecto.

A excepción de las autopistas que son propiedad de las autoridades de peaje o de las asociaciones público-privadas y las tuberías que pertenecen a la industria privada, los nuevos proyectos de transporte de gran envergadura en una comunidad generalmente tendrán una gran parte (más del 50%) que será financiada federalmente por agencias como la FAA, FTA, FHWA o USCG. Si bien la mayoría de los nuevos proyectos de construcción ferroviarios de carga se financian de forma privada, la FRA apoya el transporte ferroviario de pasajeros y carga a través de diferentes programas de subvenciones y préstamos para mejorar la seguridad, aliviar la congestión e incentivar la expansión y la modernización de la infraestructura y los servicios de transporte ferroviario de pasajeros y carga. El DOT de los EE. UU. publica códigos, normas y directrices, como las circulares de aviso de la FAA y trabaja en estrecha colaboración con organizaciones como la AASHTO y AREMA, tal como se muestra en las Tablas 13-7 y 13-8.

Tabla 13-7: Códigos, normas o directrices de transporte superficial

Componente	Organización	Códigos, normas y directrices
General	AASHTO	Guía de Diseño de Carreteras, 4. ^a Edición [AASHTO 2011b]
		Una Política sobre el Diseño Geométrico de Carreteras y Calles, 6. ^a Edición [AASHTO 2011a]
General	AASHTO	Especificaciones de Diseño de Puentes de LRFD, 7. ^a Edición [AASHTO 2014]
		Directrices de Drenaje de Autopistas de AASHTO [AASHTO 2014]
		Guía de Diseño de estructuras de pavimentos de AASHTO, 4. ^a Edición [AASHTO 1998]
		Sistema Interestatal de Normas de Diseño
		Una Política sobre Normas de Diseño: Sistemas Interestatales, enero de 2005
	FHWA	Autopistas en el entorno costero, 2. ^a Edición [FHWA 2008]
		Autopistas en el entorno costero: evaluación de eventos extremos, HEC-25, Volumen 2 [Douglas et al. 2014]
	Específico para condiciones climáticas/ peligros severos	AASHTO
Guía de Gestión de Activos de Transporte [AASHTO 2013]		
Integración del riesgo climático extremos en la gestión de activos de transporte [Meyer et al. 2012]		
NCHRP		Cambio climático, eventos climáticos extremos y sistema de autopistas [NCHRP 2014]
FHWA		Impactos del cambio climático y variabilidad en los sistemas y la infraestructura de transporte, Estudio de la Costa del Golfo, Etapa 2, Tarea 3.2 [FHWA 2014]
		Decreto 5520 de FHWA: Preparación y resiliencia del sistema de transporte ante el cambio climático y eventos de clima extremo [FHWA 2014]
DOT de los Estados Unidos		Plan de Adaptación al Cambio Climático del DOT, año 2014 [USDOT 2014]
Programa de Investigación de Cambio Global de los Estados Unidos		Evaluación Nacional sobre el Clima [Programa de Investigación de Cambio Global de los Estados Unidos, año 2014]

Tabla 13-8: Códigos, normas o directrices de transporte superficial ferroviario

Componente	Organización	Códigos, normas y directrices
General	AREMA	Manual de Ingeniería Ferroviaria [AREMA 2015a]
		Manual de Comunicaciones y Señales (C&S) [AREMA 2014]
		Cartera de Planes de Trabajo de Vía [AREMA 2014]
General	AREMA	Guía práctica de ingeniería ferroviaria [AREMA 2003]
		Manual de inspección de puentes [AREMA 2015b]
		Diseño de puentes ferroviarios modernos de acero, Primera edición [Unsworth 2010]
Específicos para la mitigación de peligros naturales	AREMA	No se ha identificado ninguno
	AAR	No se ha identificado ninguno
	DOT de los Estados Unidos	Plan de Adaptación al Cambio Climático del DOT, año 2014 [USDOT 2014]
	Programa de Investigación de Cambio Global de los Estados Unidos	Evaluación Nacional sobre el Clima [Programa de Investigación de Cambio Global de los Estados Unidos, año 2014]

Carreteras, puentes, autopistas y túneles de carreteras. El sistema interestatal con carreteras, puentes, autopistas y túneles de carreteras, y prácticamente todas las demás carreteras y los demás puentes estatales y locales en los EE. UU. son propiedad del sector público, que los opera. Las carreteras de peaje suelen ser propiedad de las asociaciones públicas/privadas y, además, las operan ellas. Sin embargo, están sujetas a las mismas normas de diseño federales y estatales emitidas principalmente por FHWA y los Departamentos de Transporte (DOT) estatales. Algunos DOT establecen normas en el marco de las normas y especificaciones de AASHTO. El manual más reciente de diseño de puentes de AASHTO, Especificaciones del Diseño del Factor de Carga y Resistencia (LFRD) AASHTO para el Diseño de Puentes [AASHTO 2012], incorpora un factor de riesgo en los cálculos de soporte de carga para abordar los efectos debidos a la deflexión, el agrietamiento, la fatiga, la flexión, el cizallamiento, la torsión, la deformación, el asentamiento, la rotura de cimientos y el deslizamiento.

Luego de los huracanes Iván y Katrina, la FHWA comenzó a recomendar que en el diseño de las principales estructuras interestatales de las regiones costeras se tenga en cuenta una combinación de los efectos de las olas y marejadas, y también los demás riesgos específicos locales de los eventos de inundaciones costeras. Además, en algunos casos, la FHWA también sugirió que es adecuado considerar una acción de frecuencia de inundación de olas y marejadas (tormenta de 500 años) [Meyer et al. 2014]. En la Tabla 13-8 se muestran algunos de los códigos, las normas y las directrices para el transporte terrestre.

Ferrocarril. La red de carga ferroviaria utilizada en los Estados Unidos es principalmente propiedad del sector privado, que la opera. Esta red consiste en ferrocarriles nacionales de carga y secundarios que conectan las vías nacionales con las zonas industriales locales. Amtrak (Corporación Nacional de

Ferrocarriles de Pasajeros) es propietaria principalmente de la red ferroviaria nacional de pasajeros y alberga vías ferroviarias regionales de cercanías en algunas áreas, como el Corredor Noreste. Muchas vías regionales de cercanías (según las autoridades públicas) tienen sus propias redes ferroviarias grandes. Existen muchas secciones de vías ferroviarias en las que los trenes de carga, Amtrak, e incluso las vías ferroviarias de cercanías comparten pistas. Con respecto a la industria ferroviaria, AREMA establece y actualiza normas de diseño para el diseño de vías, estructuras e instalaciones. Las normas de operación en la industria ferroviaria relacionadas con la seguridad están sometidas a la jurisdicción de FRA. Además, la organización comercial de la industria, la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR, por sus siglas en inglés), tiene un papel en el desarrollo de las normas y políticas de operación relacionadas con las operaciones ferroviarias. En la Tabla 13-8, se enumeran algunos de los códigos, normas y directrices.

Puertos. La nueva construcción marítima necesita seguir los códigos y las normas locales para el diseño y la construcción. Las autoridades locales suelen incorporar los impactos de peligros naturales al utilizar los documentos de orientación emitidos por varias autoridades locales y federales, como USACE y IPCC. Por ejemplo, la ciudad de Nueva York adoptó directrices específicas con respecto a los efectos de los peligros naturales a través de un panel autorizado, el panel de la ciudad de Nueva York sobre el cambio climático [2010].

Tuberías. Las nuevas tuberías están sujetas a las directrices actuales de diseño y seguridad federales y estatales. Las tuberías de líquidos y las interestatales de gas natural se regulan a nivel estatal. Por lo tanto, las normativas y las evaluaciones de riesgo para la apreciación de peligros variarán según la ubicación.

18.5.1.1. Niveles de peligro de diseño

Los códigos nacionales no especifican los niveles de peligro para todos los riesgos o todas las situaciones, pero muchos de ellos proporcionan orientación sobre la forma en que deben elaborarse para tales circunstancias. Algunos peligros, como las elevaciones de inundaciones o las condiciones de las olas, se necesitan evaluar a nivel local, ya que dependen de la topografía local y de las condiciones del suelo. Por ejemplo, los códigos ferroviarios establecen varios niveles de inundaciones para los cuales se necesita diseñar una estructura, como un evento de inundación de 50 o 100 años. De forma similar, en el caso de las cargas de las olas, varios códigos (p. ej., el Manual de Ingeniería Costera de USACE [USACE 2002]) aconsejan que se deben considerar las olas, pero es necesario que un profesional de diseño determine las características adecuadas de las olas locales. También, la FHWA enumera tres enfoques para determinar los niveles de agua de diseño específicos del sitio en Autopistas en el entorno costero (Highways in the Coastal Environment) [FHWA 2008]. Estos incluyen el uso de análisis disponibles, datos históricos y simulaciones numéricas con aportaciones históricas o alguna combinación de estos enfoques. Son directrices generales, pero se aplican a todas las regiones del país y aseguran que el proceso se base en los datos.

Al describir los Canales de Drenaje, la Guía de Diseño de Carreteras de la AASHTO [AASHTO 2011b] afirma que “se deben diseñar los canales para llevar la escorrentía de diseño y para adaptar el exceso de agua de lluvia con un mínimo de inundaciones o daños en la autopista”. No se mencionan niveles específicos de peligros, lo que deja las especificaciones de peligro a las normativas estatales y al juicio de los ingenieros. La AREMA proporciona requisitos más específicos que la AASHTO con respecto a los niveles de peligro, pero todavía deja margen para tomar decisiones específicas del lugar. Para continuar el ejemplo de drenaje, el Manual de Ingeniería Ferroviaria [AREMA 2015a] afirma que “el nivel de inundación base de 100 años es la elevación de aguas pluviales más comúnmente regulada asociada con ríos, arroyos y zonas de flujo concentrado”. Continúa describiendo cómo “todos los cambios en la llanura aluvial generalmente resultarán en estudios exhaustivos y modelos computarizados que serán sometidos a aprobación”. Nuevamente, estas normativas no son cuantitativas, sino que es una guía que asegura que la agencia adecuada siga los pasos apropiados para mitigar el riesgo.

No se les exige a los organismos legislativos estatales y locales adoptar códigos de edificación modelo y es posible que escriban su propio código o sus propias partes de un código. Por ejemplo, el código de edificación de la ciudad de Nueva York describe los requisitos para las construcciones resistentes a las inundaciones, haciendo referencia a los mapas de inundación de FEMA y a la ASCE 24 [2014c] para “la protección contra inundaciones en seco”. La elevación por inundación de diseño para ciertas estructuras, como terminales, torres de control de tráfico y subestaciones eléctricas, es la llanura aluvial de 100 años más un pie de altura libre o un pie adicional de elevación por encima del nivel de esta llanura.

El Programa Nacional de Investigación Cooperativa Vial (NCHRP) llevó a cabo un estudio sobre estrategias de adaptación de peligros naturales en 2013 y proporcionó algunos ejemplos específicos de cómo hacer frente a la creciente gravedad de los eventos climáticos. Por ejemplo, se puede mejorar el modelado de eventos de precipitaciones al utilizar parámetros de entrada dependientes del clima o al usar aumentos relativos en cantidades de precipitaciones siguiendo la relación Clausius-Clapeyron [Meyer et al. 2014].

La FERC regula la infraestructura interestatal de gas natural y es responsable del cumplimiento de la NEPA. El documento de la NEPA aborda los posibles impactos que son consecuencia del proyecto y los impactos de las amenazas naturales en este. Como ya se ha dicho, los impactos en las tuberías suelen limitarse porque se entierran, pero las instalaciones sobre la tierra, como las estaciones de compresión, podrían verse afectadas por incidentes relacionados con las tormentas. La aportación de los gobiernos estatales y locales es un componente clave del proceso de revisión en la FERC. Se debe identificar el conocimiento local de las condiciones y los problemas ambientales sobre las interrelaciones con otras infraestructuras críticas a la FERC en el momento más reciente en cualquier revisión del proyecto. Por ejemplo, se pueden presentar problemas de resiliencia y confiabilidad si la ruta propuesta de una nueva tubería estuviera adyacente a la línea de transmisión eléctrica crítica.

18.5.1.2. Niveles de recuperación

En el caso de los transportes ferroviarios y de carreteras, no se identifican criterios específicos para los niveles de recuperación en los códigos o normas. Sin embargo, a nivel local y estatal pueden existir objetivos de operación o desempeño con respecto a la recuperación de la función.

Existe una mínima descripción de los niveles de recuperación exigidos para los aeropuertos. El lenguaje para el drenaje de aguas pluviales requiere que se elimine la escorrentía superficial sin dañar las instalaciones, saturación indebida del subsuelo o interrupción importante del tráfico normal. “El sistema de drenaje tendrá la máxima confiabilidad de funcionamiento posible en todas las condiciones, teniendo debidamente en consideración los requisitos anormales, como escombros y períodos anuales de deshielo y obstrucción de hielo”.

La infraestructura marítima es fundamental para la industria del transporte (comercial, pública y privada) y se necesitará la completa recuperación para el funcionamiento adecuado. Sin embargo, no se identificó una orientación específica.

18.5.2. Construcción existente

Un código modelo no tiene capacidad legal hasta que un organismo legislativo lo adopte como ley (legislatura estatal, junta del condado, concejo municipal, etc.). Debido a que los códigos se actualizan de forma regular, las estructuras existentes y los sistemas de infraestructura normalmente solo deben cumplir con el código que se aplicó en el momento del diseño y la construcción a menos que se someta a una reconstrucción, rehabilitación, alteración o si cambia la ocupación de un edificio existente. En tal caso, se suelen incluir disposiciones en los códigos adoptados para exigir el cumplimiento parcial o total [ASCE 2014b].

Los sistemas de transporte existentes están igualmente sujetos a los códigos y las normas para los que fueron diseñados inicialmente. Generalmente, no es necesario mejorar la infraestructura de transporte a medida que se adoptan nuevos códigos. Sin embargo, la AASHTO y la FHWA tienen normas de reacondicionamiento sísmico para los puentes y los sistemas de infraestructura de transporte existentes. El DOT de cada estado o jurisdicción local establece los límites para la aplicación con el fin de determinar si un proyecto de rehabilitación debe requerir una actualización sísmica completa de las estructuras existentes a los códigos y las normas actuales. Por ejemplo, en Nueva York y Nueva Jersey, las estructuras de los puentes que se someten a una rehabilitación generalmente requieren una actualización sísmica completa si el proyecto incluye un reemplazo de una losa de concreto del tablero del puente.

Existen políticas similares para los edificios de las instalaciones de transporte, tales como estaciones, terminales e instalaciones de mantenimiento. La mayoría de los códigos de edificación exigen el cumplimiento total del cumplimiento sísmico para los proyectos de renovación de construcción si el valor de la mejora del proyecto es igual o superior a un porcentaje límite del valor de reemplazo de los edificios (generalmente el 50%).

Los códigos y las normas no abordan el reacondicionamiento de la construcción existente. Varias circulares de aviso destacan los procedimientos para el mantenimiento de las instalaciones existentes:

- AC 150/5380-6C, Directrices y procedimientos para el mantenimiento de los pavimentos aeroportuarios (Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements) [FAA 2010]
- AC 150/5380-7B, Programa de gestión de pavimentos aeroportuarios (Airport Pavement Management Program) (PMP [FAA 2014a])
- AC 150/5340-26C, Mantenimiento de las instalaciones aeroportuarias de ayuda visual (Maintenance of Airport Visual Aid Facilities) [FAA 2014b]
- AC 150/5200-33, Fauna silvestre peligrosa en los aeropuertos o en las cercanías (Hazardous Wildlife Attractants on or Near Airports) [FAA 2007]

En el caso de los sistemas ferroviarios, de carreteras y marítimos, no se han identificado los códigos y las normas que aborden específicamente la evaluación o las mejoras de la construcción existente.

La Figura 13-10 compara el plazo de los proyectos de transporte y los períodos de servicios esperados con los posibles impactos climáticos futuros, como sequía o aumento del nivel del mar. Según Moritz et al. [2012], la infraestructura planeada y construida con los criterios actuales de diseño puede no ser adecuada para el funcionamiento y resistencia futuros. Por lo tanto, las comunidades deben considerar las funciones y las condiciones ambientales deseadas que pueden ser necesarias durante la vida útil del servicio en el proceso de planificación del transporte.

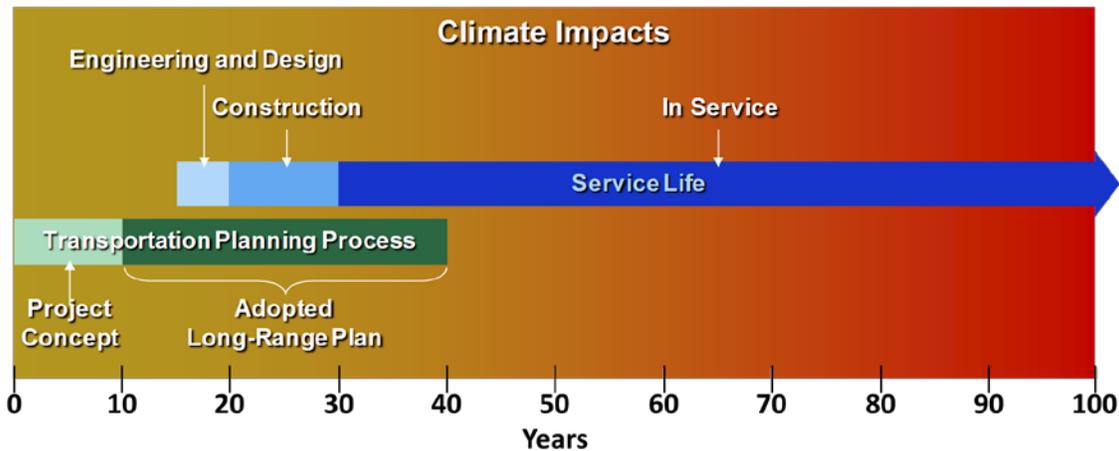


Figura 13-10: Plazos para la funcionalidad de los sistemas de transporte y posibles impactos del cambio climático [Fuente: Michael Savonis, FHWA 2009]

18.6. Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria

18.6.1. Orientación disponible

La Sección 13.2 describe los diferentes componentes de los sistemas de transporte y estudios de caso en los que estos sistemas pueden haber fallado en el pasado. El desempeño de los sistemas de transporte depende de la edad del sistema, el tipo y la intensidad del peligro natural, los códigos y las normas para los cuales fue diseñado, los niveles de mantenimiento y las decisiones de operación tomadas inmediatamente antes y después del evento peligroso.

Las normas y las directrices actuales de ingeniería proporcionan herramientas para evaluar el desempeño de los puentes y las carreteras, como el Manual para la evaluación de puentes [AASHTO 2010]. Existen normas similares para los componentes de otros sistemas de transporte, como aeropuertos, ferrocarriles, metros, etc.

La Guía de Gestión de Activos de Transporte de la AASHTO [AASHTO 2011c] se aplica tanto a las carreteras como a los sistemas ferroviarios, ya que anima a las agencias a incluir la planificación del ciclo de vida, los funcionamientos y el mantenimiento en los programas estatales y locales de gestión de recursos. La guía recomienda los procesos y las herramientas para el manejo del ciclo de vida, incorpora los efectos causados por los eventos climáticos y controla los activos para mejorar de forma continua el pronóstico de desempeño.

La Gran Autoridad Aeroportuaria de Toronto (GTAA, por sus siglas en inglés) usa el protocolo Comité de Ingeniería de Vulnerabilidad de la Infraestructura Pública (PIEVC, por sus siglas en inglés) de Ingenieros de Canadá para evaluar los riesgos e identificar las necesidades preliminares

El Plan de Emergencia Aeroportuaria de AC 150/5200-31C [FAA 2009] proporciona orientación sobre cómo llevar a cabo un análisis de riesgo de peligros para ayudar a determinar cuáles son los peligros y cómo abordarlos. Además, el Programa Piloto de Planes Maestros Sostenibles de Aeropuertos de la FAA incluye un inventario o una evaluación de referencia de cada categoría de sostenibilidad (que variará según el aeropuerto), el establecimiento de objetivos mensurables y el desarrollo de iniciativas específicas de sostenibilidad para ayudar a que los aeropuertos logren cada objetivo. Se podría adoptar este enfoque para evaluar la resiliencia de la instalación aeroportuaria.

La Gestión de Riesgos: Principios y Directrices de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 31000:2009 [ISO 2009] proporciona principios, un marco y un proceso para gestionar los riesgos. Todas las organizaciones pueden utilizarla independientemente de su tamaño, actividad o sector. Con la ISO 31000, se puede ayudar a las organizaciones a aumentar la probabilidad de lograr objetivos, mejorar la identificación de oportunidades y amenazas y ubicar y utilizar los recursos para el tratamiento de los riesgos de manera efectiva. No se puede utilizar la ISO 31000 para fines de certificación, pero proporciona orientación para los programas de auditoría interna o externa. Las organizaciones que la utilizan pueden comparar sus prácticas de gestión de riesgos con una referencia reconocida internacionalmente, lo que proporciona principios sólidos para una gestión y un gobierno corporativo eficaces. Se pueden aplicar las directrices para el establecimiento de programas sólidos de evaluación de riesgos en el desarrollo de la evaluación de resiliencia y los planes de mitigación [ISO 2009].

18.6.2. Soluciones para construcciones futuras

Se debe abordar la resiliencia para las construcciones futuras en la etapa de planificación del proyecto. La selección de un lugar adecuado, la alineación y el nivel de grado pueden mejorar enormemente la resiliencia comunitaria. En cuanto a los proyectos nuevos de transporte terrestre, las opciones que se prefieren (en caso de estar disponibles) son: colocar carreteras, vías y bocas de túneles en un nivel naturalmente alto, ubicar los cimientos de los puentes fuera de la vía fluvial y evitar las carreteras con pendientes laterales inestables. Del mismo modo, en el caso de los aeropuertos cercanos a masas de agua o puertos marítimos, es fundamental contar con niveles más altos de acabado y evitar ubicaciones con suelos inestables durante terremotos.



Figura 13-11: Soporte de aislamiento sísmico del tren aéreo

Ferrocarril. Cuando la Autoridad del Puerto de Nueva York y Nueva Jersey (PANYNJ) planificaron su proyecto JFK Airtrain (tren aéreo), un sistema ferroviario ligero para el Aeropuerto Internacional John F. Kennedy, decidieron que, dada la inversión, exigían que el sistema “*pudiera volver a ponerse en servicio fácilmente después de un evento sísmico*”. Este objetivo de desempeño apoya su papel crítico en el acceso al aeropuerto. La presencia de las tierras propensas a la licuefacción en un evento sísmico llevó a esta decisión de exceder los criterios de diseño sísmico requeridos por el código en AASHTO y AREMA. El consorcio que diseñó y construyó el proyecto proporcionó soportes de aislamiento sísmico en todas las columnas de las pilas del carril elevado para lograr el objetivo de desempeño (Figura 13-11). El sistema se puso en funcionamiento en 2003 [Englot y Bakas 2002].

La FTA defiende los diseños que incluyen una gran capacidad de drenaje, estructuras más sólidas para resistir los vientos y materiales adecuados para temperaturas más altas. Las posibles soluciones para los metros incluyen la necesidad de compuertas, entradas de alta elevación y rejillas de ventilación que se cierran (que requieren una nueva ventilación impulsada por ventiladores). Un estudio encargado por FEMA determinó que los ahorros en protección contra inundaciones son, en promedio, cuatro veces más grandes que los costos de prevención.

Se pueden prevenir las inundaciones localizadas en instalaciones de tránsito y demás instalaciones de transporte mediante el establecimiento de una gestión adecuado de las aguas pluviales. Las mejores prácticas incluyen jardines, estanques y barreras pluviales, así como el aumento de la vegetación, techos verdes y pavimentos permeables. Estas soluciones permiten que se absorban las aguas pluviales a través de procesos naturales, lo que reduce o evita las inundaciones por completo [FTA 2013].

Instalaciones de transporte. La PANYNJ tiene *directrices de infraestructura sostenible* que se implementan en proyectos tales como los de construcción de edificios de terminales, demolición de edificios, sistemas electrónicos y de comunicación, construcción o rehabilitación de aeródromos y paisajismo [PANYNJ 2011]. Las directrices exigen la protección de la salud ecológica de los humedales, las llanuras aluviales y los tampones ribereños, la seguridad y el mantenimiento de los paisajes absorbentes, la mitigación del efecto de la isla de calor y la aplicación de las mejores prácticas de gestión de las aguas pluviales y de un mantenimiento sostenible del paisaje. Las Directrices de Planificación, Diseño y Construcción de Aeropuertos Sostenibles de LAWA son similares, lo que permite identificar muchos enfoques técnicos para la planificación de la adaptación a los peligros naturales, como el aumento de la capacidad de distribución y almacenamiento de aguas pluviales (p. ej., diseño para tormentas de 100 a 500 años) y el uso de materiales de pavimentación resistentes al calor.

Los edificios y los sistemas de infraestructura nuevos, en particular aquellos adyacentes a los recursos costeros o dentro de una llanura aluvial, deben implementar la mitigación de peligro de inundación como parte del diseño. La PANYNJ estableció un requisito para la elevación adicional de 457 mm (18 pulgadas) más alto que el requisito actual del código para elevaciones por inundación, en función del aumento anticipado del nivel medio del mar. Si el requisito no es factible, tal vez podría cumplirse para todos los elementos críticos del proyecto (equipos eléctricos, comunicaciones, etc.).

El Aeropuerto Internacional de San Diego incorporó soluciones de bajo impacto (p. ej., pavimento impermeable, cámaras de almacenamiento de infiltración, bajíos de bioretención, humedales modulares, disipador de energía de escombros) en sus mejoras del lado norte para reducir los riesgos de las inundaciones.

La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) emitió una serie de declaraciones políticas [ASCE 2015] que apoyan la reconstrucción resiliente y sostenible de zonas devastadas por eventos peligrosos. Específicamente, la ASCE apoya las siguientes acciones:

- El rediseño y la reconstrucción de los sistemas de protección de peligros para las comunidades afectadas a un nivel adecuado para la protección de la población, la infraestructura crítica y el entorno; y
- La reconstrucción que incorpora estudios adecuados, diseño urbano, aplicación de tecnología, uso de la tierra, la zonificación y la utilización de sistemas naturales para recrear las comunidades que son resilientes, sostenibles, más habitables y menos vulnerables a eventos accidentales, intencionales o de peligros naturales.

Los desafíos incluyen la evaluación de las condiciones previas y los efectos causados por lo(s) peligro(s) para determinar si la reconstrucción de la infraestructura afectada es viable, factible y beneficiosa para facilitar la tarea de proteger la vida, la propiedad y la infraestructura crítica nacional.

Para proteger mejor las vidas, la propiedad y los sistemas de infraestructura, no siempre es posible reconstruir las zonas afectadas para que se ajusten a las condiciones previas. La reconstrucción y la recuperación incluyen considerar las condiciones existentes que pueden haber facilitado la destrucción. También incluye considerar los principios de la resiliencia y sostenibilidad.

El Consejo de Investigación del Transporte (TRB) atiende las necesidades de investigación y práctica de los sistemas de transporte de los Estados Unidos. El TRB cuenta con miembros del DOT de los Estados Unidos, los DOT estatales, profesionales de transporte en ejercicio y expertos en transporte. El TRB del comité *ABE40: Comité de Protección de Infraestructuras Críticas de Transporte* [TRB 2015a] considera las amenazas y los peligros para la infraestructura del transporte. Esto incluye las amenazas terroristas y los peligros a gran escala o complejos y catastróficos. El comité que se ocupa de los fenómenos meteorológicos extremos es el *TRB A0020T: Grupo de Trabajo Especial sobre Cambio Climático y Energía* [TRB 2015b].

18.6.3. Soluciones para las construcciones existentes

El papel de un sistema de transporte dentro de una comunidad determina cuándo se necesita que se restaure su función luego de un evento peligroso. Los criterios de evaluación deben incluir la vulnerabilidad de los sistemas existentes y los costos directos o indirectos en que incurrirá una comunidad con pérdidas parciales o totales hasta que se repare, reemplace o recupere, y se restaure el servicio luego de un evento peligroso.

Se puede utilizar una evaluación de los sistemas de transporte existentes ante los peligros predominantes para determinar los sistemas y componentes más críticos y vulnerables. En la década de 1980, la mayoría de los DOT estatales en regiones propensas a terremotos en los EE. UU. atravesaron un proceso similar con las directrices de la FHWA, para determinar las prioridades para el reacondicionamiento de los puentes de las carreteras en el estado en cuanto a vulnerabilidades sísmicas.

Es necesario considerar el papel del sistema de transporte en la resiliencia comunitaria y una evaluación de las brechas en el desempeño del transporte deseado luego de un evento peligroso antes de que se puedan desarrollar soluciones. Una lista de prioridades soluciones y necesidades de transporte apoyará una estrategia integral para la resiliencia comunitaria. Luego de determinar la criticidad y la vulnerabilidad de los sistemas de transporte en una comunidad, se pueden identificar los proyectos de mitigación para reducir el período de recuperación y el aumento de la resiliencia de una manera rentable. Para clasificar el valor de la inversión de cada proyecto, se puede utilizar un análisis costo-beneficio para dar prioridad a los proyectos con fines de planificación.

El DOT del estado de Nueva Jersey [Englot 2011] llevó a cabo un estudio que evaluó la vulnerabilidad de sus sistemas de transporte. Se trataba de dar prioridad a los 6600 puentes y túneles en el estado de Nueva Jersey para las carreteras, los ferrocarriles de pasajeros, las líneas de transporte y las vías ferroviarias para transportar carga. La agencia identificó sus 50 puentes estatales más críticos y vulnerables y estableció posibles proyectos de mitigación de la vulnerabilidad, que redujeron el período de recuperación y los costos del usuario. Pusieron los proyectos de mitigación en un plan a largo plazo que incluyó un proyecto de rehabilitación para cada uno de estos puentes. Se ha seguido ese plan desde 2010.

Los costos del usuario se desarrollaron al asumir que la pérdida de un puente provocaría un desvío más largo, generalmente a velocidades más bajas. El aumento del tiempo de viaje diario debido al desvío, multiplicado por la cantidad de días hasta que el puente funcione y esté abierto, multiplicado por la cantidad de viajeros que se desvían a diario, da como resultado un retraso total de tiempo para el viajero. Cuando se multiplica por el valor del tiempo del viajero (\$/h), equivale al costo monetario del período de recuperación. La Tabla 13-9 muestra radios de valor de tiempo que se utilizaron en el estudio para varios

modos o viajes de bienes y personas. De una referencia, se tomó al valor de \$30 por hora (redondeado de \$29.82) y está en dólares del año 2012 [Farokhi et al. 2015].

Tabla 13-9: Valor multimodal de las unidades de tiempo (VOTU, por sus siglas en inglés) para calcular el costo del retraso [Farokhi et al. 2015; Englot 2011]

Unidad de modo de viaje	VOTU	Valor (\$/h)	Unidad de modo de viaje	VOTU	Valor (\$/h)
1 pasajero	1	\$30	1 tren de pasajeros (10 vagones)	700	\$21 000
1 auto (promedio 1,2 pasajeros)	1,2	\$36	1 tren subterráneo (8 vagones)	1 120	\$33 600
1 camión con carga y conductor	2,4	\$72	1 vagón tolva de ferrocarril	9,6	\$288
1 autobús (45 pasajeros)	45	\$1 350	1 contenedor de carga	2,4	\$72

Los costos del usuario debido a la pérdida parcial o total de los activos de transporte están bien documentados en los estudios, ya que se los calcula habitualmente para determinar los impactos de los proyectos de construcción del transporte en una comunidad (cierre de carriles y puentes, etc.). También se pueden utilizar estos costos del usuario para reflejar los inconvenientes para la comunidad y sus instituciones sociales de los métodos de transporte no disponibles y los retrasos en los viajes cuando se ven forzados a tomar medios de transporte alternativos. Sin embargo, dichos costos indirectos no están bien documentados. La mayoría de los DOT estatales tienen un manual para determinar los costos del usuario debido a la construcción de autopistas.

Se puede utilizar el mismo tipo de cálculos para determinar los costos del usuario para el período de recuperación de un túnel de metro, el cierre de un aeropuerto o una instalación portuaria de contenedores. Esta metodología simplificada produce costos en dólares que la comunidad puede entender con facilidad para medir el valor de una estrategia, a fin de mejorar la resiliencia (reducir el tiempo para recuperar la función) de todos los activos de transporte.

Soluciones adicionales. Es posible que haga falta aplicar estrategias de aumento del nivel del mar en los edificios existentes, así como nuevos proyectos de construcción para muchos sistemas de transporte costero. Por ejemplo, el Aeropuerto Internacional de Cayo Hueso en Florida es vulnerable a los huracanes y al aumento del nivel del mar. Han estado modernizando la infraestructura existente mediante la instalación de válvulas de charnela dentro de las estructuras de drenaje para evitar que se estanque agua en las pistas de aterrizaje y de rodaje. Además, han adaptado sus estrategias de mitigación de peligros para la flora y la fauna para tratar los nuevos animales que están invadiendo el aeropuerto como resultado del cambio de hábitat. Se resumen soluciones adicionales en el *Plan de Acción Climática del Condado de Monroe* [Monroe County Climate Change Advisory Committee 2013].

El USACE emplea un proceso de 3 niveles para la selección de proyectos que necesitan abordar el aumento del nivel del mar [Moritz 2012]. El Nivel 1 establece un Contexto de decisión estratégica, el Nivel 2 implica la Vulnerabilidad de la zona del proyecto y el Nivel 3 evalúa el Desarrollo alternativo, la evaluación y la adaptabilidad. A medida que aumenta el nivel del mar, pueden aumentar la frecuencia de las inundaciones y la carga estructural asociada. Puede ser necesario considerar las cargas estructurales:

- Aumento de la variabilidad de los factores de carga

- Rango de altura de marea y olas
- Tasa de cambio del nivel del mar local
- Frecuencia de eventos
- Procesos clave de proyectos
- Erosión a corto y largo plazo y retroceso de la tierra
- Impactos acumulativos con otros factores naturales

La FTA identifica cuatro estrategias de adaptación que son lo suficientemente amplias como para que se apliquen a una variedad de medios de transporte [FTA 2013], como las siguientes:

- **Mantener y gestionar:** ajustar los presupuestos para aumentar los costos de mantenimiento y mejorar los tiempos de respuesta ante eventos severos. Utilizar tecnologías que detecten cambios, tales como la presión y la temperatura en los materiales, como precaución contra el daño de la estructura o el aumento de los niveles de agua.
- **Fortalecer y proteger:** se debe reacondicionar la infraestructura existente para que resista las condiciones climáticas futuras. Asegurar que las instalaciones puedan resistir vientos fuertes y temperaturas extremas y garantizar la prevención de inundaciones y el drenaje adecuado.
- **Mejorar la redundancia:** identificar las alternativas del sistema en caso de interrupción del servicio y desarrollar una perspectiva regional de movilidad que incluya todos los modos de transporte.
- **Retirarse:** abandonar la infraestructura del riesgo ubicada en las zonas vulnerables o insostenible. Reubicarse potencialmente en una ubicación menos vulnerable.

En el caso de los metros, se han implementado muchas soluciones para hacer frente a los eventos de lluvia que, de otra manera, podrían provocar inundaciones en los túneles, como el aumento de la cantidad de bombas o de la capacidad de bombeo. La ciudad de Nueva York implementó rejillas de ventilación elevadas para evitar la escorrentía hacia las líneas de metro. Los pozos de ventilación de Tokio están diseñados para cerrarse cuando se emite un aviso de lluvia fuerte y se los puede cerrar mediante un control remoto o de forma automática en respuesta a un sensor de inundación. La PANYNJ elevó las compuertas en las plataformas de la estación para tener en cuenta el aumento del nivel del mar y selló todas las compuertas que se encuentran por debajo de la llanura aluvial de 100 años.

En el caso de los ferrocarriles abiertos, la deformación de las vías se debe al aumento de la temperatura, es costosa y supone un riesgo para la seguridad. Generalmente se emiten órdenes de marcha a velocidad reducida (reducciones obligatorias de velocidad) en los tramos de vía de zonas donde se espera una temperatura elevada del carril y donde aumenta el riesgo de la deformación de la vía. La vía de reemplazo tiene una gran resistencia lateral para combatir las fuerzas de deformación. La FRA ha creado un modelo para predecir las temperaturas del carril, lo que permite el reemplazo adecuado antes de que se produzca un incidente [FRA 2014].

18.7. Referencias

Programa de Investigaciones Cooperativas en Aeropuertos (ACRP 2012) *ACRP Synthesis 33: A Synthesis of Airport Practice*, patrocinado por la Administración Federal de Aviación, Consejo de Investigación del Transporte de las Academias Nacionales, Washington, DC, http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_syn_033.pdf.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 1998) *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, Cuarta Edición (con suplemento), Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2008) *Guide Specifications for Bridges Vulnerable to Coastal Storms*, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2010) *Manual for Bridge Evaluation*, Segunda Edición, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2011a) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, Sexta Edición, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2011b) *AASHTO Road Design Guide*, Cuarta Edición, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2011c) *AASHTO Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation*, Primera Edición, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales, Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2012) *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, Sexta Edición, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), Washington, DC.

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO 2013) *AASHTO Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation*, FHWA-HIF-10-023, Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO) y Consejo de Investigación del Transporte (TRB), Washington, DC.

Instituto Americano del Concreto (ACI 2014) *ACI 357.3R-14: Guide for Design and Construction of Waterfront and Coastal Concrete Marine Structures*, Instituto Americano del Concreto (ACI), Farmington Hills, MI.

Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA 2005) *Draft Guideline for Assessing the Performance of Oil and Natural Gas Pipeline Systems in Natural Hazard and Human Threat Events*, Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA), Washington, DC,
<http://www.americanlifelinesalliance.com/pdf/PipeguideFinalPosted061705.pdf>.

Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías (AREMA 2015a) *Manual for Railway Engineering*, Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías (AREMA), Lanham, MD.

Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías (AREMA 2015b) *Bridge Inspection Handbook*, Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías (AREMA), Lanham, MD.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2013) *2013 Report Card for America's Infrastructure*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA,
<http://www.infrastructurereportcard.org/>.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2014a) *ASCE 61-14: Seismic Design Standards for Piers and Wharves*, Comité de Normas sobre Diseño Sísmico de Muelles y Embarcaderos del Instituto de Costas, Océanos, Puertos y Ríos, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2014b) *ASCE Policy Statement 525: Model Building Codes*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), <http://www.asce.org/issues-and-advocacy/public-policy/policy-statement-525---model-building-codes/>. Visitado el 18 de abril de 2015.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2014c) *ASCE 24: Flood Resistant Design and Construction*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2015) *Public Policy Statements*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), http://www.asce.org/public_policy_statements/. Visitado el 24 de abril de 2015.

Asociación de Oleoductos (AOPL 2014) *U.S. Liquids Pipeline Usage & Mileage Report*, Asociación de Oleoductos (AOPL) e Instituto Americano del Petróleo (API), Washington, DC.

Ballantyne, D. (2008) *The ShakeOut Scenario, Supplemental Study: Oil and Gas Pipelines*, USGS Circular 1324; Informe Especial 207 del Servicio Geológico de California, versión 1.0, <http://www.colorado.edu/hazards/shakeout/pipelines.pdf>. Visitado el 1 de octubre de 2014.

Institución de Normas Británicas (BSI 2013) *Maritime works: Part 1-4: General – Code of practice for materials*, BS 6349-1-4:2013, Institución de Normas Británicas (BSI), 28 de febrero.

Cities21 (2015), *Cities21*, <http://www.cities21.org/cms/>. Visitado el 22 de julio de 2015.

DeBlasio, A.J.; T.J. Regan; M.E. Zirker; K. Lovejoy; and K. Fichter (2004) “Learning from the 2003 Blackout,” *Public Roads*, Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) Administración Federal de Carreteras (FHA), <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/04sep/04.cfm> Visitado el 14 de octubre de 2014.

Det Norske Veritas (DNV 2007) *Pipeline Damage Assessment from Hurricane Katrina and Rita in the Gulf of Mexico*, Informe N.º 448 14182, Revisión N.º 1, Preparado para el Servicio de Gestión de Minerales, 22 de enero.

Dolak, Kevin (2011) “Irene: Flooding Cuts off Towns in Vermont, New York”, *ABC News*, 29 de agosto, <http://abcnews.go.com/US/hurricanes/hurricane-irene-flooding-cuts-off-towns-vermont-york/story?id=14402696>. Visitado el 24 de octubre de 2015.

Douglas, Scott L.; Bret M. Webb; and Roger Kilgore (FHWA 2014) *Highways in the Coastal Environment: Assessing Extreme Event*, Circular N.º 25 de Ingeniería Hídrica, Volumen 2, FHWA-NHI-14-006, Oficina de Tecnología de Puentes, Administración Federal de Carreteras (FHWA), Octubre, <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/nhi14006/nhi14006.pdf>.

Duwadi, Sheila Rimal (2010) *Hazard Mitigation R&D Series: Article 1: Taking a Key Role in Reducing Disaster Risks*, FHWA-HRT-10-004, Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT)/Administración Federal de Carreteras(FHWA), Vol. 73 N.º 6, Mayo/Junio, <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/10mayjun/04.cfm>. Visitado el 16 de octubre de 2014.

Elliott, Debbie (2013) “Drought Causes Ripple Effect Along Mighty Mississippi River,” *All Things Considered*, Radio Pública Nacional (NPR, por sus siglas en inglés), <http://www.npr.org/2013/01/30/170286658/drought-causes-ripple-effect-along-mighty-mississippi-river>.

Englot, J. (2011) *Case Study of Bridge and Tunnel TVAs: Since the Blue Ribbon Panel Recommendations for Bridge and Tunnel Security Were Issued*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA.

Englot, J. and P. Bakas (2002) “Performance/Design Criteria for the Airtrain JFK Guideway,” *Proceedings AREMA 2002 Annual Conference & Exposition*, Washington, DC, 22 al 25 de septiembre.

- Agencia de Protección Ambiental (EPA 2008) *Environmental Review Guide for Special Appropriation Grants*, Publicación de EPA Publication N.º: 315-K-08-001, Agencia de Protección Ambiental (EPA), Washington, DC.
- Farokhi, K. et al. (2015) *Value of Travel Time Reliability in Transportation Decision Making: Proof of Concept—Maryland*, SHRP 2 Informe S2-L35B-RW-1, Programa Estratégico de Investigación en Carreteras (SHRP).
- Administración Federal de Aviación (FAA 2007) “Hazardous Wildlife Attractants on or Near Airports,” *FAA Advisory Circular*, AC 150/5200-33B, Administración Federal de Aviación (FAA), Washington, DC.
- Administración Federal de Aviación (FAA 2009) “Airport Emergency Plan” (Consolidated AC includes Change 2), *FAA Advisory Circular*, AC 150/5200-31C, Administración Federal de Aviación (FAA), Washington, DC.
- Administración Federal de Aviación (FAA 2010) “Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Payments,” *FAA Advisory Circular*, AC 150/5380-6C, Administración Federal de Aviación, Washington, DC.
- Administración Federal de Aviación (FAA 2011) “Development of State Standards and Nonprimary Airports,” *FAA Advisory Circular*, AC 150/5100-13B, Administración Federal de Aviación (FAA), Washington, DC.
- Administración Federal de Aviación (FAA 2014 b) “Maintenance of Airport Visual Aid Facilities.” *FAA Advisory Circular*, AC 150/5340-26C, Administración Federal de Aviación (FAA), Washington, DC.
- Administración Federal de Aviación (FAA 2014a) “Airport Pavement Management Program (PMP),” *FAA Advisory Circular*, AC 150/5380-7B, Administración Federal de Aviación (FAA), Washington, DC.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2013) *Mitigation Assessment Team Report Hurricane Sandy in New Jersey and New York Building Performance Observations, Recommendations, and Technical Guidance*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2014a) “Damaged Roads from Hurricane Irene,” *FEMA*, última actualización: 19 de marzo de 2014, <https://www.fema.gov/media-library/assets/images/61278>. Visitado el 24 de octubre de 2015.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2014b) “Photograph by Andrea Booher taken on 07/09/1993 in Missouri,” *FEMA*, última actualización: 19 de marzo de 2014, <https://www.fema.gov/media-library/assets/images/38000>. Visitado el 24 de octubre de 2015.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2014c) “Photograph by Marvin Nauman taken on 09/27/2005 in Louisiana,” *FEMA*, última actualización: 19 de marzo de 2014, <https://www.fema.gov/media-library/assets/images/46394>. Visitado el 24 de octubre de 2015.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2014d) “Photograph by Win Henderson taken on 09/20/2005,” *FEMA*, última actualización: 19 de marzo de 2014, <https://www.fema.gov/media-library/assets/images/46243>. Visitado el 24 de octubre de 2015.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2014e) “Photograph by Win Henderson taken on 09/20/2005 in Louisiana,” *FEMA*, última actualización: 19 de marzo de 2014, <https://www.fema.gov/media-library/assets/images/46290>. Visitado el 24 de octubre de 2015.
- Administración Federal de Carreteras (FHWA 2008) *Highways in the Coastal Environment*, Segunda Edición, Administración Federal de Carreteras (FHWA), Washington, DC, Junio.
- Administración Federal de Carreteras (FHWA 2011) *Expanded FHWA Hydraulics Laboratory to Conduct Major New Bridge Scour Studies*, Administración Federal de Carreteras (FHWA), Washington, DC, <http://www.fhwa.dot.gov/publications/focus/11aug/11aug02.cfm>. Visitado el 24 de abril de 2015.

- Administración Federal de Carreteras (FHWA 2015a) *Aerodynamic Design of Highway Structures* Administración Federal de Carreteras (FHWA), Washington, DC, <http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/96winter/p96wi46.cfm>. FHWA.
- Administración Federal de Carreteras (FHWA 2015b) *MAP-21: Moving Ahead for Progress in the 21st Century*. <http://www.fhwa.dot.gov/map21/>. Visitado el 23 de abril de 2015. FHWA, Washington, DC.
- Administración Federal de Transporte (FTA 2013) *Transit Climate Change Adaption Assessment/Asset Management Pilot for the Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority*. FTA, Washington, DC.
- Field, C. B., Barros V., Stocker T. F., Qin D., Dokken D. J., Ebi K. L., Mastrandrea M. D., Mach K. J., Plattner G. -K., Allen S. K., Tignor M. y Midgley, P. M. (2012) *Managing The Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, New York.
- Frosch, Dan y Timothy Williams (2013). “Colorado Towns are Left Stranded in Deadly Floods,” *The New York Times*, 12 de septiembre, http://www.nytimes.com/2013/09/13/us/colorado-towns-are-left-stranded-in-deadly-floods.html?_r=0. Visitado el 14 de octubre de 2015.
- Asociación Internacional de Navegación (2002b), *Seismic Design Guidelines for Port Structures*, CRC Press, Bruselas.
- Asociación Internacional de Navegación (2002a) *Guidelines for The Design of Fender Systems: 2002*, Informe del Grupo de Trabajo 33 de la Comisión de Navegación Marítima, PIANC.
- ITS Internacional (ITS 2012) *Success of Kuala Lumpur's dual purpose tunnel*, ITS Internacional, 2012.
- Johnson, Karl (2012) *Abutments*, MnDOT Bridge Office LRFD Workshop.
- Comisión de Servicios Públicos de Kentucky (2009) *Ike and Ice: The Kentucky Public Service Commission Report on the September 2008 Wind Storm and the January 2009 Ice Storm*, 19 de noviembre, <https://psc.ky.gov/IkeIce/Report.pdf>.
- Kruse, C. J.; A. Protopapas, L.E. Olson; y D.H. Bierling (2007) *A Modal Comparison of Domestic Freight Transportation Effects on the General Public*, preparado por el Centro para Puertos y Vías Navegables, Instituto de Transporte de Texas para la Administración Marítima del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (MARAD) y la Fundación Nacional de Vías Navegables, Diciembre, http://www.marad.dot.gov/documents/Phase_II_Report_Final_121907.pdf.
- Lazo, L. (2013) “Upgrading D.C.’s Virginia Avenue tunnel is key to growing East Coast rail freight, officials say,” *The Washington Post*, pág. 1, 16 de febrero.
- Mardorf, Christopher (2014) Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) 30 de agosto. Napa, CA, http://www.fema.gov/media-library-data/1409613757983-e7cfc60d36a0bc2aabef089f34d080/Napa_CA_Earthquake_V0A6397.jpg. Visitado el 1 de octubre de 2014.
- Meng Q. y Qu, X. (2010) *Quantitative Risk Assessment Model for Fire in Road Tunnels*, Universidad de Singapur, Singapur, 2010.
- Meyer, M., Rowan, E., Savonis, M., y Choate, A. (2012) “Integrating Extreme Weather Risk into Transportation Asset Management,” Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO), 1 de noviembre, http://climatechange.transportation.org/pdf/extrweathertamwhitepaper_final.pdf. Visitado el 28 de octubre de 2015.

- Meyer, M., Flood, M., Keller, J., Lennon, J., McVoy, G., Dorney, C., Leonard, K., Hyman R. y Smith, J. (2014) "Climate Change, Extreme Weather Events, and the Highway System: A Practitioner's Guide and Research Report," Aspectos Estratégicos que Enfrenta el Transporte, Volumen 2 NCHRP Informe 750, Consejo de Investigación del Transporte (TRB), Washington, DC.
- Comité Asesor sobre el Cambio Climático del Condado de Monroe (2013) *Monroe County Climate Action Plan*, Condado de Monroe, FL, Marzo.
- Moritz, H., White, K., Langlois, H., Simm, J., Schrader, M., Engle, J., Smith, T., Harper, B., y Gill, S. (2012) *Procedures to Evaluate Sea Level Change; Impacts; Responses and Adaption: U.S. Army Corps of Engineers' Approach*, preparado por HR Wallingford Lts. Oxon, UK, enero
- Asociación Nacional de Representantes de Seguridad de Tuberías (NAPSR 2013) *Compendium of State Pipeline Safety Requirements & Initiatives Providing Increased Public Safety Levels Compared to Code of Federal Regulations*, Segunda Edición. Washington, DC.
- Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS 2015) "Unified Facilities Criteria (UFC)," *WBDG: Whole Building Design Guide*, Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS), Washington, DC, https://www.wbdg.org/ccb/browse_cat.php?c=4.
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA 2014) Centro de Servicios Costeros (NOAA 2014) *Port Tomorrow: Resilience Planning Tool*. NOAA, 2014, <http://coast.noaa.gov/digitalcoast/tools/port>. Visitado el 15 de junio de 2014.
- Departamento de Transporte de Nueva York (NYC DOT 2015) "Ferries & Buses: Staten Island Ferry," *NYC Resources*, ciudad de Nueva York, <http://www.nyc.gov/html/dot/html/ferrybus/staten-island-ferry.shtml>.
- Panel de la Ciudad de Nueva York sobre el Cambio Climático. (NPCC 2010) *Climate Change Adaptation in New York City: Building a Risk Management Response*, C. Rosenzweig y W. Solecki, eds, preparado para el uso del Grupo de Trabajo de Adaptación al Cambio Climático de la Ciudad de Nueva York, Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York, Nueva York, NY.
- Administración de Seguridad de Tuberías y Materiales Peligrosos (PHMSA 2013) *Pipelines and Hazard Mitigation for Emergency Managers, Proyecto*, 8 de febrero, Administración de Seguridad de Tuberías y Materiales Peligrosos (PHMSA), Washington, DC.
- PWC (2013) *Rebuilding for resilience: Fortifying infrastructure to withstand disaster*, Septiembre.
- RITA (2009) (USDOT Oficina de Estadísticas de Transporte), http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov/bts/files/subject_areas/ncfo/highlights.
- Roll, Liz (2012), FEMA, 1 de noviembre de 2012 Long Beach Island, NJ. <http://www.fema.gov/media-library/assets/images/65917>. Visitado el 1 de octubre de 2014.
- Rosenzweig, C.; A. DeGaetano; W. Solecki; R. Horton; M. O'Grady; y D. Bader (2011) *Climate Adaption Guidebook for New York State*, estado de Nueva York. Albany, NY.
- Savonis, Mike (2009) "Asociación de Funcionarios de Gestión de Residuos Sólidos Estatales y Territoriales," *The Guld Coast Study*, 16 de abril, <http://www.astswmo.org/Files/Meetings/2009/2009MidYearMtg/SAVONIS-2009mym.pdf>. Visitado el 24 de abril de 2015. FHWA
- Ciudades Sostenibles Internacionales (SCI 2010) *Sustainable Cities: Our Cities are Our Future*, Ciudades Sostenibles Internacionales (SCI) <http://sustainablecities.net/>. Visitado el 22 de julio de 2015.
- Ciudad de Nueva York (2013) *A Stronger, More Resilient New York*, ciudad de Nueva York, Nueva York.

- Organización Internacional de Normalización (ISO 2009) *ISO 31000:2009, Risk Management – Principles and Guidelines*, Organización Internacional de Normalización (ISO) Ginebra, Suiza.
- Autoridad Portuaria de NY y NJ (PANYNJ 2011) *Sustainable Infrastructure Guidelines Sustainable Infrastructure Guidelines*, The Port Authority of NY & NJ (PANYNJ), <https://www.panynj.gov/about/pdf/Sustainable-infrastructure-guidelines.pdf>.
- Banco Mundial (2012) *Building Urban Resilience: Principles, Tools and Practice*, Banco Mundial, Washington, DC, 2012.
- Consejo de Investigación del Transporte (TRB 2014) *Critical Issues in Aviation and the Environment*, Consejo de Investigación del Transporte (TRB), Washington, DC, 2014.
- Consejo de Investigación del Transporte (TRB 2015a) *Critical Transportation Infrastructure Protection (ABR10)*, Consejo de Investigación del Transporte (TRB), Washington, DC, <http://www.trb.org/ABE40/ABE40.aspx>. Visitado el 24 de abril de 2015.
- Consejo de Investigación del Transporte (TRB 2015b) *Special Task Force on Climate Change and Energy*, Consejo de Investigación del Transporte (TRB), Washington, DC, <http://www.trb.org/A0020T/A0020T.aspx>. Visitado el 24 de abril de 2015.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE 2002) *Coastal Engineering Manual*, Manual del Ingeniero 1110-2-1100, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), Washington, DC.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE 2015) *Flood Risk Management Program*, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), Alexandria, VA, <http://www.iwr.usace.army.mil/Contact/ContactUs.aspx>. Visitado el 27 de octubre de 2015.
- Departamento de Seguridad Nacional (DHS 2013) *35,000 Gallons of Prevention: Containing a Tunnel Flood with an Inflatable Stopper*, Departamento de Seguridad Nacional (DHS), <http://www.dhs.gov/science-and-technology/35000-gallons-prevention>.
- Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT 2012) *Climate Adaption Plan: Ensuring Transportation Infrastructure and System Resilience*, <https://www.transportation.gov/sites/dot.dev/files/docs/DOT%20Adaptation%20Plan.pdf>.
- Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT 2014) “Facts & Stats,” *Pipeline Safety Awareness*, Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT)/Administración de Seguridad de Materiales Peligrosos y Tuberías, <https://opsweb.phmsa.dot.gov/pipelineforum/facts-and-stats/pipeline-101/>. Visitado el 1 de octubre de 2014.
- Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA, por sus siglas en inglés, año 2012) *New York/New Jersey Intra Harbor Petroleum Supplies Following Hurricane Sandy: Summary of Impacts Through November 13, 2012*, Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), Washington, DC, http://www.eia.gov/special/disruptions/hurricane/sandy/pdf/petroleum_terminal_survey.pdf. Visitado el 1 de octubre de 2014.
- La Comisión Federal Reguladora de Energía de Estados Unidos (FERC 2004) *Presentation to the Association of Oil Pipe Lines*, Abril, Washington, D.C., <http://www.ferc.gov/industries/oil/gen-info.asp>. Visitado el 1 de octubre de 2014.

Administración Federal de Transporte de los Estados Unidos (USFTA 2013) *2013 Status Report of the Nation's Highways, Bridges, and Transit: Conditions and Performance*, Informe al Congreso por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT), Administración Federal de Carreteras (FHWA) y Administración Federal de Transporte, <https://www.fhwa.dot.gov/policy/2013cpr/pdfs/cp2013.pdf>.

Administración Marítima de los Estados Unidos (MARAD 2015) *Inland Waterways Gateway (St. Louis)*, Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT), Administración Marítima de los Estados Unidos (MARAD), <http://www.marad.dot.gov/about-us/gateway-offices/inland-waterways-gateway/>.

URS Corporation (URS 2012) *Port of Houston Authority Bayport Climate Change Study*, URS y AECOM, <http://www.urs.com/projects/port-of-houston-authority-greenhouse-gas-and-climate-change/>.

Wakeman, T. H. (2013) *Final Report: Lessons from Hurricane Sandy for Port Resilience*, The City College of New York, Nueva York.

Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Marítimo (PIANC 2012) *PIANC USA*, Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Marítimo (PIANC), Alexandria, VA, <http://www.pianc.us/>. Visitado el 28 de octubre de 2015.

19. Sistemas de energía

20. Resumen ejecutivo de los sistemas de energía

Este capítulo analiza los sistemas de energía eléctrica, de gas natural y de combustible líquido en relación con la energía eléctrica, y los sistemas de energía de emergencia y de reserva. Las tuberías que transportan gas natural y combustibles líquidos se discuten como parte del Sistema de Transporte (Capítulo 13) porque el DOT de los EE. UU. administra las normas de diseño para la seguridad y el diseño de las tuberías.

Las expectativas y necesidades de desempeño de energía de la sociedad han aumentado drásticamente durante los últimos 35 años. Sin embargo, el envejecimiento de la infraestructura de los Estados Unidos es un problema importante para todas las comunidades. Las redes eléctricas y los sistemas de distribución de tuberías han evolucionado de manera considerable desde que se construyeron por primera vez a finales del siglo XIX. El sistema de energía se continúa actualizando para mejorar los sistemas de infraestructura existentes de tuberías de energía eléctrica y combustible, con esfuerzos centrados en la eficiencia energética, la confiabilidad y la vulnerabilidad a los eventos peligrosos. Sin embargo, los problemas de permisos para la nueva construcción, los eventos climáticos y el mantenimiento han contribuido a las interrupciones y fallas de la energía. Se espera que la demanda de energía aumente en un futuro próximo a medida que aumenta la población.

La dependencia de las comunidades en los sistemas de energía genera expectativas del público en cuanto a la fácil disponibilidad y fiabilidad de los servicios. Las industrias de servicios eléctricos y de combustibles líquidos están muy reguladas para garantizar la disponibilidad energética, a fines de reducir los costos para el consumidor, un suministro y un uso más seguros y un servicio confiable. Las normativas, los códigos y las normas pueden ayudar a mejorar el desempeño de sistemas de energía nuevos y existentes durante las tormentas y los eventos peligrosos. En el futuro, el nuevo desafío es equilibrar los objetivos de precios bajos y suministro seguro con sistemas de energía que sean confiables y resilientes.

Para construir sistemas de energía flexibles y resilientes es necesario que todas las partes interesadas comprendan las opciones y las limitaciones que deben equilibrarse para lograr el nivel deseado de resiliencia comunitaria, los beneficios esperados que puede aportar la resiliencia y los costos estimados asociados con la mejora y el reemplazo de la infraestructura de energía.

Lograr sistemas de energía resilientes dentro de una comunidad no es un hecho que sucede de la noche a la mañana. Como parte de un proceso más amplio de planificación de seis pasos para la resiliencia, es necesario que los líderes comunitarios, los representantes de los sistemas de energía y otras partes interesadas analicen qué niveles de desempeño se desean, cuál es la condición actual de los sistemas de infraestructura existentes y qué brechas existen entre el desempeño deseado y el previsto de los diversos sistemas de energía eléctrica y combustible.

Al trabajar juntos para lograr la resiliencia, cada grupo de partes interesadas dentro de la comunidad (consumidores, reguladores, proveedores, entre otros) pueden identificar soluciones significativas para abordar las brechas de resiliencia. Esta Guía se enfoca en la manera en que los edificios y los sistemas de infraestructura apoyan las necesidades sociales y a las instituciones dentro de la comunidad. Este capítulo se enfoca en la mejora del desempeño y la resistencia a los peligros de los sistemas de infraestructura de energía sin afectar negativamente la confiabilidad y los costos del servicio.

Las instalaciones de energía y los sistemas de infraestructura que se utilizan para las funciones de generación, transmisión y distribución pueden ubicarse, diseñarse y construirse de manera que proporcionen un mejor desempeño durante los eventos peligrosos. Sin embargo, muchos de los códigos y

las normas que se utilizaron por primera vez para asegurar la seguridad y la confiabilidad de los sistemas de infraestructura no consideraban los peligros de la manera en que lo hacen las normas y los códigos modernos actuales, lo que deja a la infraestructura física con algunas vulnerabilidades. Se están actualizando los códigos y las normas para abordar los eventos peligrosos y se espera que también mejoren la resiliencia de manera significativa.

Una comunidad que tenga éxito en mejorar su resiliencia probablemente lo hará a través de una combinación de cambios en el entorno construido, así como a través de la adopción y la aplicación de programas de normalización, planificación y mantenimiento que se desarrollan con la participación de todas las partes interesadas.

20.1. Introducción

Las expectativas y necesidades societarias en materia de energía eléctrica y combustibles han aumentado drásticamente en los últimos 35 años. De hecho, la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA) descubrió que la demanda total de electricidad residencial ha aumentado aproximadamente en un 57% desde 1980 [EIA 2015]. Sin embargo, aunque la demanda ha aumentado, la condición de los sistemas de infraestructura de energía se ha convertido en un problema para todas las comunidades.

El sistema de energía eléctrica incluye las instalaciones de generación, transmisión y distribución de energía, algunas de las cuales datan de comienzos de 1800. Este sistema de plantas generadoras, líneas eléctricas y subestaciones es una combinación de sistemas y tecnologías nuevas y antiguas que necesitan funcionar de manera cohesiva. Existen miles de plantas y sistemas en todo Estados Unidos y casi 400 000 millas de líneas de transmisión eléctrica. Con la incorporación de una nueva generación renovable y de gas, la necesidad de añadir nuevas líneas de transmisión se ha hecho aún mayor [ASCE 2013].

Muchos cortes en el sistema de transmisión y distribución se han atribuido a fallas en los funcionamientos del sistema, aunque los eventos relacionados con el clima han sido la causa principal de los principales cortes de electricidad en los Estados Unidos entre 2007 y 2012. También están surgiendo problemas de confiabilidad a medida que nuevas fuentes de energía sustituyen las infraestructuras más antiguas [ASCE 2013].

La industria del combustible incluye pozos de petróleo y gas, plantas de procesamiento (p. ej., refinerías) y sistemas de tuberías. Existen teóricamente 150 000 millas de tuberías de petróleo crudo y productos y más de 1 500 000 millas de tuberías de transmisión y distribución de gas natural en los Estados Unidos. La industria privada es la principal dueña de los sistemas de infraestructura de combustible. Desde el año 2008, una serie de fallas en las tuberías de petróleo y gas llevó a la creación de nuevos requisitos federales de seguridad en 2011 para abordar el aumento en la cantidad de incidentes causados por el envejecimiento de la infraestructura y cuestiones de mantenimiento [ASCE 2013].

Se pronostica que la capacidad energética se convertirá en un posible problema luego de 2020, en particular la capacidad de generación de energía. La idoneidad de las tuberías y las operaciones relacionadas también constituye un problema creciente, en parte debido a las restricciones de la capacidad en las refinerías y en los sistemas de transmisión de petróleo y gas [ASCE 2013].

La electricidad y el combustible son materiales esenciales, y servicios transversales, para la resiliencia comunitaria. Respaldan las necesidades más importantes de la sociedad en cuanto a alimentos, agua y vivienda. Durante un evento peligroso, el suministro de electricidad y combustible es fundamental para apoyar la vida humana y la restauración de los servicios. Es importante contar con disponibilidad de combustible para los generadores locales en la gestión de la recuperación y para los vehículos de servicio y suministro de emergencia.

La industria de energía está avanzando en la modernización de la infraestructura eléctrica existente, con esfuerzos centrados en la eficiencia y confiabilidad energética y en la reducción de la vulnerabilidad del

sistema a los eventos peligrosos. La modernización de la red es un esfuerzo importante en todo el país que se prevé que continúe durante muchos años. Por ejemplo, muchos proveedores de servicios públicos están instalando tecnologías inteligentes de red.

Este capítulo analiza los sistemas de energía eléctrica, de gas natural y de combustible líquido en relación con la energía eléctrica, y los sistemas de energía de emergencia y de reserva. Las tuberías que transportan gas natural y combustibles líquidos se discuten como parte del Sistema de Transporte (Capítulo 13) porque el DOT de los EE. UU. administra las normas de diseño para la seguridad y el diseño de las tuberías.

20.1.1. Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales

La energía confiable y económica se ha convertido en una necesidad básica a nivel social. Incluso en el suministro diario de energía, las empresas de servicios públicos pueden tener dificultades para cumplir con las expectativas del consumidor. Puede ser un desafío prepararse para los eventos peligrosos y responder a estos cuando las empresas de servicios públicos están reparando la infraestructura y experimentan pérdidas de ingresos si se suspende el suministro de energía eléctrica. Las autoridades reguladoras tienen en cuenta estas cuestiones al abordar los casos de recuperación de tarifas de servicios públicos y al establecer expectativas públicas en cuanto a los plazos de recuperación posteriores al evento y la calidad del servicio.

A medida que las comunidades tratan los problemas relacionados con el desempeño del sistema de energía y la mejora de la resiliencia de la red, es importante que den prioridad y equilibren las necesidades del usuario final, la seguridad pública y los requisitos de restauración en relación con los objetivos de resiliencia comunitaria. Es necesario que los diseñadores y operadores de los sistemas de energía se adapten a las tecnologías y aplicaciones en continuo cambio, y que también minimicen las vulnerabilidades en el sistema e incorporen la capacidad para restaurar el sistema con rapidez luego de los eventos peligrosos. Las comunidades y los operadores de servicios públicos deben considerar opciones que protejan, mantengan y recuperen el sistema mientras controlan los costos.

Cuando se producen eventos y se requieren esfuerzos de recuperación, primero se abordan las necesidades societarias relacionadas con la emergencia y luego las demás prioridades, mediante una respuesta graduada. Aunque los detalles de la planificación de la recuperación pueden ser complejos, a menudo la secuencia general de la recuperación se organiza como instalaciones y servicios críticos, viviendas de emergencias, viviendas y vecindarios y comunidad. La Sección 14.3 analiza los objetivos de desempeño para los sistemas de infraestructura de energía en función de estas etapas de restauración. En la Sección 14.5.1.2., se discuten los niveles de recuperación para la infraestructura nueva y existente.

20.1.2. Confiabilidad, resiliencia y seguridad energética

La confiabilidad y resiliencia se relacionan entre sí, pero son conceptos distintos con diferentes objetivos y métricas de desempeño. En muchos casos, los proyectos y las inversiones que mejoran la confiabilidad cotidiana contribuyen a la resiliencia.

En agosto de 2013, el Consejo de Asesores Económicos del Presidente publicó un estudio sobre los beneficios de inversión en la resiliencia de la red. El estudio [Oficina Ejecutiva del Presidente 2013] explicó la diferencia entre la resiliencia y la confiabilidad, tal como se menciona a continuación:

“Una red más resiliente es aquella que es capaz de resistir y recuperarse de eventos adversos tales como el clima severo; una red más confiable es aquella con menos y más cortas interrupciones de energía”.

En septiembre de 2012, el grupo de trabajo de resiliencia de la red de Maryland [Oficina del Gobernador Martin O'Malley 2012] adoptó definiciones similares para la resiliencia y la confiabilidad.

“La confiabilidad hace referencia a la capacidad del sistema de distribución de energía a granel para suministrar electricidad a los clientes durante funcionamientos normales de ‘bóveda azul’... La resiliencia se refiere a la capacidad del sistema de distribución para absorber las tensiones sin experimentar un apagón sostenido”.

La industria de energía eléctrica está comenzando a abordar la resiliencia y la recuperación del servicio luego de eventos peligrosos, además de la confiabilidad del servicio durante funcionamientos normales. El Grupo de Empresas de Servicios Públicos [PSEG, por sus siglas en inglés, año 2014] de Nueva Jersey declara en su “Energy Strong Program” [Programa dinámico de energía] lo siguiente:

“La confiabilidad sigue siendo fundamental, pero ya no es suficiente ahora que las tormentas extremas cada vez son más comunes y las personas dependen de la electricidad más que nunca”.

Un análisis de las aportaciones de las partes interesadas reunidas en los talleres de Planificación de Aseguramiento de Energía Local de California [CaLEAP 2015] concluyó que un sistema de energía resiliente incluiría los siguientes objetivos y pasos:

- Incluye una infraestructura planificada, modelada y preparada, lista para una implementación inmediata y confiable, y robusta (endurecida) donde corresponda.
- Apoya la respuesta ante emergencias, la seguridad vital, la efectividad de la restauración y la continuidad socioeconómica durante un evento importante.
- Se recupera con rapidez luego de eventos peligrosos.
- Incorpora redundancia y capacidad de reserva.
- Apoya distintas fuentes de energía.
- Incluye una arquitectura modular y de componentes autónomos.
- Es consciente y responde a las condiciones eléctricas y ambientales.
- Se mantiene y controla de forma activa.
- Funciona de manera eficaz en condiciones que no son de emergencia.
- Proporciona beneficios económicos y societarios a las comunidades y las partes interesadas a las que presta servicios.

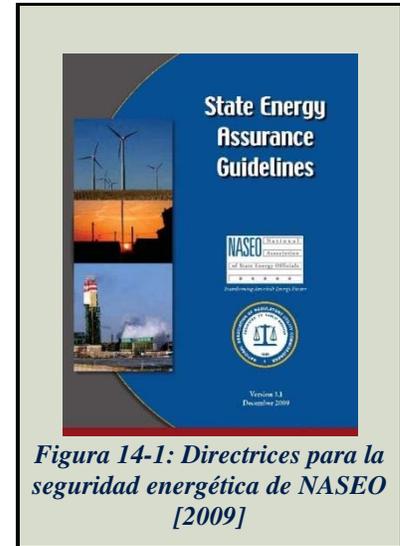


Figura 14-1: Directrices para la seguridad energética de NASEO [2009]

Además de la confiabilidad y la resiliencia, la industria de la energía ha desarrollado conceptos de seguridad energética, que también se alinean con los conceptos de resiliencia. Un informe (Figura 14-1) llevado a cabo por la Asociación Nacional de Funcionarios Estatales de Energía, las *directrices para la garantía de energía* [NASEO 2009], se refiere a los siguientes “4 conceptos” de las cualidades de resiliencia para los sistemas de infraestructura:

- **Robustez:** la fuerza o resistencia inherente en un sistema para soportar las demandas externas sin degradación ni pérdida de funcionalidad.
- **Redundancia:** las propiedades del sistema que permiten opciones, elecciones y sustituciones alternativas cuando el sistema está bajo presión.
- **Inventiva:** la capacidad para movilizar los recursos y los servicios necesarios en situaciones de emergencia.
- **Rapidez:** la velocidad con la que se pueden superar las perturbaciones y restablecer la seguridad, los servicios y la estabilidad financiera.

Es necesario que la estrategia de resiliencia aborde cada una de estas cualidades para lograr el desempeño deseado de un sistema de energía. Además, se puede evaluar la resiliencia de un sistema de energía según los sistemas físicos, organizacionales, sociales y económicos, donde:

- **Físico:** la capacidad de los sistemas físicos (incluidos todos los componentes interconectados) para funcionar a niveles aceptables/deseados cuando están sujetos a eventos peligrosos.
- **Organizacional:** la capacidad de las organizaciones, especialmente aquellas que gestionan las instalaciones críticas y los eventos peligrosos, para tomar decisiones y acciones que contribuyen a la resiliencia.
- **Social:** consiste en medidas específicamente diseñadas para apoyar a las instituciones sociales y disminuir la medida en que las comunidades y las jurisdicciones gubernamentales sufren consecuencias negativas debido a la pérdida de los servicios críticos causada por un evento peligroso.
- **Económico:** la capacidad para reducir las pérdidas directas e indirectas que derivan de un evento peligroso.

La confiabilidad de los sistemas de energía se refiere a la prestación de servicios ininterrumpidos durante el funcionamiento normal y es un objetivo fundamental de los operadores de energía eléctrica. A medida que los sistemas de energía se han vuelto esenciales para la vida cotidiana, también se necesitan sistemas resilientes de energía que puedan recuperarse de eventos peligrosos con rapidez.

20.1.3. Dependencias

En general, los edificios y los sistemas de infraestructura dependen de la energía eléctrica para realizar negocios y proporcionar sus servicios. Por ejemplo, aunque un hospital o centro de operaciones de emergencia puede no sufrir daños físicos debido a un huracán, una inundación o un terremoto, la pérdida de energía equivale en gran medida a la pérdida de servicios. Puede utilizarse la energía de emergencia para respaldar los servicios críticos hasta que se restablezca la energía comercial si hay combustible disponible para los sistemas de reserva.

Los sistemas de energía dependen de otros sistemas también. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Los centros de operación y control de los servicios públicos dependen de los sistemas de comunicación e información para enviar y recibir información operativa a los componentes de generación, transmisión y distribución de la red. Es necesario mantener el control de las operaciones o se perjudicará el desempeño de la red.
- Los combustibles líquidos dependen del sistema de transporte para distribuir gas líquido y natural en camiones y trenes. Las perturbaciones en el sistema de transporte pueden afectar la cadena de suministro y la resiliencia del sistema de energía (consulte la Sección 13.2.5 sobre Tuberías para obtener información adicional).
- Se puede complicar la capacidad para restaurar la infraestructura en el sistema de energía eléctrica si se dañan las instalaciones de la planta o las carreteras y el personal no puede llevar a cabo las actividades de respuesta y recuperación.

20.2. Infraestructura de energía

Los sistemas de infraestructura de energía se diseñan a nivel nacional para ofrecer un servicio confiable. Si bien están diseñados para cumplir con los requisitos del Código Nacional de Seguridad Eléctrica [IEEE 2012] (y a menudo exceden los criterios mínimos), no está bien definido el nivel o la magnitud de los eventos peligrosos que pueden soportar estos sistemas sin dañarse. A lo largo de los años, las mejoras en la tecnología han abordado algunas vulnerabilidades o algunos riesgos en el sistema, pero también pueden haber introducidos algunos nuevos sin saberlo.

La industria de energía eléctrica se ha concentrado primordialmente en los objetivos de seguridad energética y la confiabilidad del servicio para las operaciones normales. La infraestructura de la energía continúa mejorando con algunos progresos a raíz de los eventos peligrosos.

A medida que las comunidades y los proveedores de energía comienzan a abordar la resiliencia, se necesitan directrices para el diseño de los sistemas de energía (generación, transmisión y distribución) y comprensión de las mejoras necesarias para cumplir con los objetivos de desempeño deseados. Las siguientes pueden ser algunas preguntas para tener en cuenta al momento de evaluar los sistemas existentes:

- ¿Por qué se produjeron las fallas anteriores?
- ¿Fueron adecuados los criterios de diseño para el evento peligroso?
- ¿Fueron desproporcionados el alcance y el impacto de las fallas con respecto a la magnitud del evento que ocurrió?

- En caso afirmativo, ¿se debió la falla o el impacto al diseño y la construcción o a una respuesta operativa deficiente?
- ¿Pueden utilizarse las tecnologías o los enfoques para mejorar el desempeño y la recuperación?

Esta sección describe el sistema de energía eléctrica y sus sistemas de generación, transmisión y distribución y las tecnologías emergentes en estos. Se presentan los sistemas de combustible líquido y gas natural con un enfoque en la manera en que se utilizan para apoyar los sistemas de energía eléctrica. También se analiza el uso de sistemas de energía de emergencia y de reserva para la recuperación de los servicios luego de eventos peligrosos.

20.2.1. Energía eléctrica

El sistema de energía eléctrica produce y suministra electricidad a los clientes a través de una conexión de red. La generación de electricidad distribuida o las estaciones eléctricas centrales pueden generar la energía eléctrica. Una vez que se genera, la energía se suministra a los clientes a través de sistemas de distribución y transmisión. En la Figura 14-2 se muestra el sistema de energía eléctrica [NIST 2014].

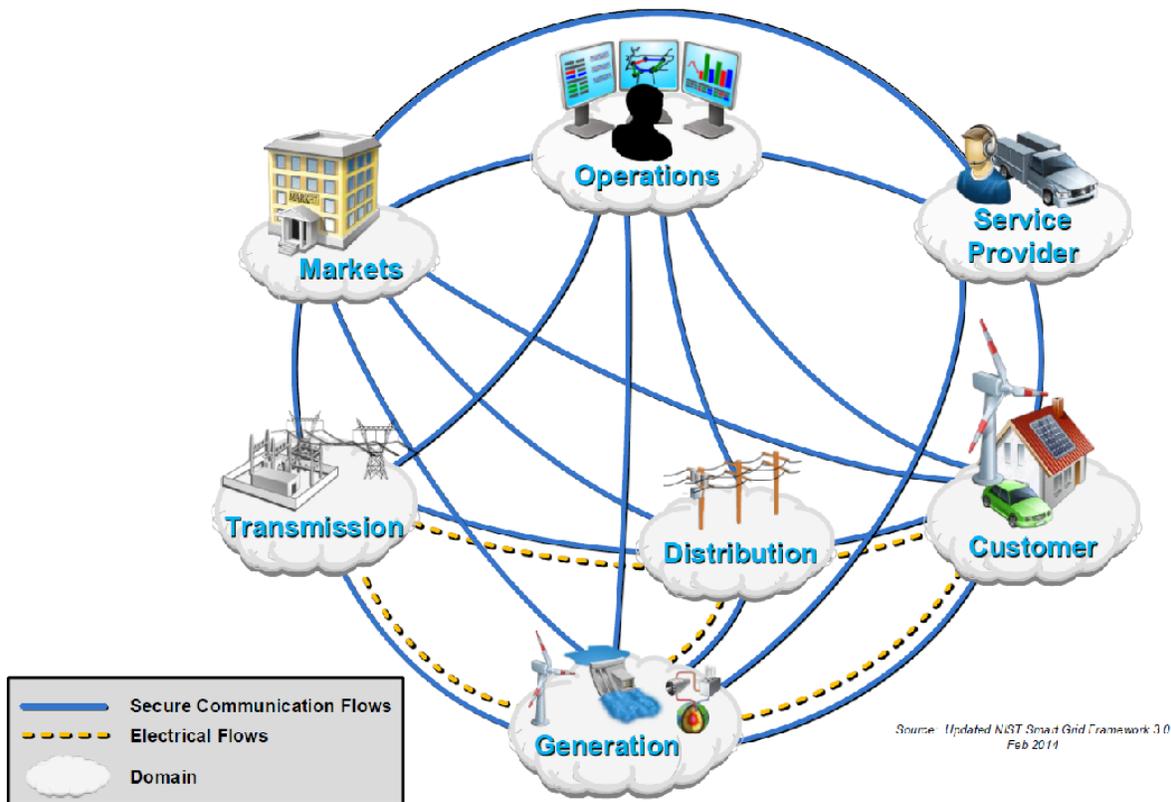


Figura 14-2: Modelo conceptual de la red inteligente de NIST [Fuente: NIST 2014]

En 2009, NIST estableció el Panel de Interoperabilidad de Redes Inteligentes (SGIP, por sus siglas en inglés) y desarrolló el Modelo Conceptual de la Red Inteligente que se muestra en la Figura 14-2. Este modelo es un mecanismo simple para describir los dominios en la Red Inteligente mediante un gráfico. El modelo refleja los avances en las tecnologías de la red inteligente y los desarrollos del trabajo colaborativo de NIST con las partes interesadas de la industria.

Para simplificar, y para permanecer enfocado en los componentes primarios dentro de la red de energía eléctrica a granel, esta Guía se enfoca principalmente en los sistemas de generación, transmisión y distribución. Cabe observar que el sistema de suministro de gas natural tiene una arquitectura y terminología similar.

20.2.1.1. Generación

La generación de energía tradicional se apoya en centrales eléctricas a granel que incorporan grandes generadores eléctricos. En los Estados Unidos, esta energía es corriente alterna (CA) trifásica. El sistema de generación está evolucionando y lo ha hecho durante algún tiempo. Antes de la desregulación de la electricidad en algunos estados, las empresas de servicios públicos eran dueñas de la red de generación y transmisión sobre la que se suministraba la electricidad, y la administraban. La desregulación separó la generación y la transmisión, y la mayoría de los estados desregulados permitieron a los productores independientes de energía (IPP, por sus siglas en inglés) desarrollar proyectos de generación de manera competitiva. El término “desregulación” no implica que estos servicios públicos no estén regulados, simplemente que existe la posibilidad de elección del consumidor. Los desarrolladores de IPP negocian contratos para vender energía a las empresas de servicios públicos, que mantienen su responsabilidad de administrar y suministrar la electricidad a través de la red. Hay un mosaico de estados regulados y desregulados de modo que, según el estado, una empresa de servicios públicos puede controlar la transmisión, la generación o ambas cosas. Un mosaico similar de regulación y desregulación a nivel estatal también se aplica a la distribución de gas natural por parte de las empresas de servicios públicos.

Los proyectos de energía renovable, la generación de electricidad distribuida por entidades comerciales y la gestión de la demanda (como la respuesta a la demanda, la eficiencia energética y el almacenamiento energético) son métodos alternativos disponibles para los sistemas de energía tradicionales. El término “generación” incluye cada vez más la generación virtual, que deriva de la reducción de la carga para compensar la demanda de energía o el uso del almacenamiento de energía, en lugar de desarrollar nueva capacidad de generación. Además, los métodos alternativos están evolucionando en contraposición al medidor de hogares y negocios, como por ejemplo los paneles solares para techos y los medidores inteligentes.

La energía renovable se presenta de muchas formas: eólica, solar, de biomasa e hidroeléctrica. En algunos estados, las plantas de energía a partir de los residuos también cumplen con la definición de energía renovable. La energía renovable tiene reglas que varían de un estado a otro, de la misma manera que lo hacen los Estándares de Cartera Renovable (RPS, por sus siglas en inglés), con objetivos para el porcentaje de energía que se generará a partir de fuentes renovables.

La “generación de electricidad distribuida” es un término amplio que describe generalmente las plantas de energía desarrolladas para una empresa o ubicación industrial específica, también conocida como energía “en la valla”, que satisface las necesidades de una planta comercial, instalación de fabricación o parque industrial en particular. Estas plantas se deben desarrollar de acuerdo con los requisitos de su estado particular, pero normalmente son entidades de servicio de carga de un solo grupo o de grupos pequeños. Un ejemplo podría ser una instalación industrial que construye su propia planta en el lugar para satisfacer sus necesidades de energía eléctrica. A menudo estas plantas generadoras son también instalaciones de cogeneración, que suministran vapor para la producción de calor u otro uso de procesos industriales. Muchas de estas instalaciones más pequeñas también se conocen como plantas de “generación combinada de calor” o de CHP.

En estados regulados, la Administración de Información Energética define la Gestión orientada hacia la demanda (DSM, por sus siglas en inglés) como “la planificación, la aplicación y el control de las actividades de servicios públicos diseñadas para incentivar a los consumidores a modificar los patrones del consumo de electricidad, que incluye la sincronización y el nivel de la demanda energética”. De esta

manera, la DSM incluye la Eficiencia Energética (EE, por sus siglas en inglés) y la Respuesta a la Demanda (DR, por sus siglas en inglés) para reducir la demanda de energía eléctrica.

La Eficiencia Energética a nivel de los servicios públicos es un método o programa mediante el cual la empresa de servicios públicos gestiona o reduce la demanda de energía. De otra manera, es posible que una empresa de servicios públicos necesite construir o contratar nuevas plantas de generación o comprar energía adicional en el mercado al contado, lo que puede ser costoso. Estos programas pueden ser mejoras a nivel estatal para los edificios públicos (bombillas eficientes, aislamiento mejorado, etc.) o pueden incluir programas de Eficiencia Energética para los usuarios residenciales, que pueden incluir medidores y termostatos avanzados.

La Respuesta a la Demanda (DR) suele ser implementada por una empresa que no es de servicios públicos y que celebra un contrato con los usuarios de energía eléctrica, generalmente grandes usuarios como universidades, edificios de oficinas de gran altura o cadenas de tiendas minoristas. La empresa de DR les paga a los usuarios contratados para que reduzcan su consumo eléctrico durante los momentos de mayor demanda, como los días calurosos de verano. Luego vende la carga reducida a la empresa de servicios públicos durante los períodos de máxima demanda. Los grandes usuarios de electricidad pueden reducir sus costos anuales de energía eléctrica a través del sistema de pago de DR y la empresa de servicios públicos puede evitar caídas de tensión o apagones, compras en el mercado al contado o la necesidad de desarrollar una nueva capacidad de generación.

El almacenamiento de la energía se presenta de muchas formas, desde grandes baterías hasta almacenamientos de bombas, volantes de inercia y aire comprimido. En el caso del almacenamiento de bombas, que tiene una larga historia en los sistemas de energía eléctrica, se bombea el agua hasta una presa o cuenca de retención durante períodos de baja demanda (períodos que no son de máxima actividad) y se libera durante períodos de alta demanda para satisfacer la carga de energía. El uso de la bomba de almacenamiento se está ampliando para utilizar aire comprimido y otros métodos, como los volantes de inercia, que pueden retrasar la liberación de la energía.

De forma tradicional, la generación de energía fue el principal medio para satisfacer la demanda de energía eléctrica. Actualmente, los métodos alternativos reducen, compensan o retrasan la demanda máxima y desempeñan un papel más importante en la red. Es necesario considerar los métodos tradicionales y alternativos como parte del sistema que suministra energía confiable y eficiente.

20.2.1.2. Transmisión

En el sistema tradicional de energía en masa, la energía trifásica sale del generador y entra en una subestación de transmisión. Se transforman los voltajes para viajar largas distancias a lo largo de tres líneas de transmisión separadas, cada una de las cuales lleva una sola fase. La infraestructura de transmisión consiste principalmente en cables y torres que transportan energía de alto voltaje desde los generadores hasta las subestaciones de distribución. Es el intermediario de la red de suministro de energía eléctrica.

La vulnerabilidad de la infraestructura de transmisión se debe principalmente al envejecimiento de los activos físicos. A medida que los requisitos de carga de los clientes crecen y las diversas normativas federales y estatales cambian, existe una necesidad de sistemas de suministro de energía eléctrica más robustos y flexibles para mantenerse al día con la demanda. La aparición del mercado de generación de energía renovable y la transición de la generación a carbón a la generación de gas natural ha agobiado la red eléctrica más allá de su diseño original. Los flujos eléctricos que se diseñaron para estar en una dirección están ahora en múltiples direcciones, según la ubicación de la generación de energía en cualquier momento del día. Las restricciones de transmisión, que perjudican el costo y la confiabilidad, se han vuelto comunes en las operaciones.

Durante los últimos 10 años, la planificación de la transmisión ha evolucionado desde relativamente pocas líneas de transmisión nuevas que se están construyendo en todo el país hasta muchas líneas de transmisión que están siendo planificadas por la mayoría de las principales empresas de servicios públicos. El costo y el tiempo para construir nuevas líneas de transmisión ha aumentado mucho debido a la adquisición de nuevas rutas y al cumplimiento de los requisitos regulatorios y ambientales.

La energía eléctrica exige la confiabilidad del sistema de transmisión en cuanto a los impactos. Se están desarrollando sistemas de control basados en la cibernética para reducir el impacto de los peligros. A medida que se diseñan y construyen nuevos sistemas, existe también una necesidad de evaluar el desempeño y el mantenimiento actuales. El desempeño de las líneas de transmisión ha mejorado con el Programa de Manejo de la Vegetación en Líneas de Transmisión FAC-003-3 de NERC. El propósito de FAC 003-3 es proporcionar las directrices necesarias *“para mantener un sistema de transmisión eléctrica confiable al utilizar una estrategia de defensa en profundidad para manejar la vegetación ubicada en los derechos de paso (ROW) de la transmisión y minimizar la invasión de la vegetación ubicada de forma adyacente a los ROW, previniendo así el riesgo de cortes eléctricos relacionados con la vegetación que podría conducir a la formación de efectos dominó.”*

Se están realizando muchos esfuerzos para mejorar los sistemas de transmisión de la nación, incluidos más de 170 proyectos de transmisión por parte de los miembros del Edison Electric Institute que se prevén para la próxima década [EEI 2015]. Se han iniciado varios proyectos importantes de la Red Inteligente y, en algunos casos, se han completado recientemente para mejorar el suministro de energía en todo el país. Otros esfuerzos para aumentar la resiliencia y eficiencia de la red incluyen el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías [p. ej., respuesta a la demanda, protección de tipo funcionamiento en isla de la microrred, sincrofasores (PMU, por sus siglas en inglés), transferencia dinámica, mercados de desequilibrio de energía (EIM, por sus siglas en inglés) y capacidad dinámica de línea (DLR, por sus siglas en inglés)]. FERC también emitió el Pedido 1000 [FERC 2011] para ayudar a reducir los costos de capital de la transmisión al introducir la competencia entre las empresas de servicios públicos y los desarrolladores de transmisión.

La infraestructura de la transmisión es vulnerable a los peligros. Las inundaciones pueden dañar las infraestructuras eléctricas de baja altitud, como subestaciones, como fue el caso con los huracanes Sandy e Irene [DOE 2013]. El agua que fluye puede erosionar los cimientos de los postes y exponer los cables subterráneos. Los peligros del agua también implican la inundación de conductos eléctricos subterráneos, bóvedas, subestaciones y empalmes.

Los eventos de viento, como tornados, huracanes y tormentas eléctricas, pueden dañar la infraestructura eléctrica. Las tormentas eléctricas pueden derribar árboles y dañar estructuras. Alrededor de las líneas de transmisión se puede formar hielo, y esto aumenta la carga en los sistemas de transmisión, especialmente cuando lo acompañan fuertes vientos, lo cual produce la falla del sistema. Los rayos y las corrientes inducidas por la geomagnética en las líneas de transmisión son peligros adicionales que se deben manejar.

Según el riesgo de incendio forestal, es posible que las comunidades necesiten proteger los sistemas de transmisión de la exposición a este tipo de riesgo. Los incendios forestales queman miles de acres y destruyen hogares y otras estructuras todos los años. De manera alternativa, las líneas eléctricas han estado implicadas en el inicio de incendios forestales, como fue el caso de San Diego Witch Creek, Guejito y Rice en 2007 [SDUT 2007].

20.2.1.3. Distribución

En el sistema de suministro de energía tradicional, el sistema de distribución comienza en la subestación de distribución. La subestación toma energía de alto voltaje y la transforma a menos de 10 000 voltios (generalmente 7200 voltios). La subestación de distribución es fundamental para el sistema de suministro

eléctrico y es una zona de enfoque para la mitigación y recuperación rápida. Soporta una variedad de equipos y sistemas de tecnología de operaciones (OT, por sus siglas en inglés) y tecnología de la información (TI) que conectan el centro de operaciones de la empresa de servicios públicos con las cargas de los puntos finales. El sistema de distribución es, por mucho, el componente más importante del sistema de energía eléctrica. Durante la recuperación posterior al evento, la mayoría de las reparaciones están generalmente dentro de la red de distribución. Los sistemas de distribución suelen ubicarse a lo largo de los bordes de las carreteras, pero también pueden pasar por lotes menos accesibles y por otros derechos de paso.

Mantener los sistemas de distribución puede ser todo un desafío. Los postes y los equipos clave están sujetos a sobrecarga por la adición de otros cables y componentes del sistema por parte de los proveedores de servicios locales. Estas adiciones pueden sobrecargar los componentes del sistema eléctrico o aumentar su vulnerabilidad a las cargas de viento y hielo. Las altas temperaturas ambientales también pueden reducir la vida útil de los cables y la integridad del aislamiento.

El sistema de distribución es vulnerable a una cantidad de eventos peligrosos. Las líneas aéreas de distribución son particularmente vulnerables a los daños relacionados con los árboles durante los eventos de viento. Los árboles suelen caer y dañar la red de distribución. Por lo tanto, es fundamental manejar la vegetación para minimizar la vulnerabilidad de las líneas de distribución ante eventos de vientos fuertes [EPRI 2013]. La mayoría de las empresas de servicios públicos tienen programas de manejo de árboles, pero la falta de aplicación adecuada de estos programas ha sido una de las causas principales de los cortes [FERC 2013, NERC 2015a]. La razón de esta falla no siempre es simple. Aunque la empresa de servicios públicos puede tener un programa de manejo de la vegetación, es posible que los propietarios de tierra pública y privada no permitan la remoción de árboles o ramas en su propiedad privada. Otras jurisdicciones y organizaciones ambientales han detenido los programas de poda y tala de árboles. El impacto agregado de estas acciones resulta en la aplicación fallida de programas de poda de árboles, que puede aumentar la vulnerabilidad del sistema de distribución.

Los vientos que cambian de dirección a lo largo de una tormenta, como huracanes y tornados, pueden causar grandes daños, incluida la falla de los postes. Como resultado de observaciones luego de la temporada de huracanes de 2004 y 2005, Florida ahora exige inspecciones para buscar postes que estén sobrecargados por equipos montados, degradados en la interfaz en tierra o tengan otras debilidades [Florida Public Service Commission 2007, NextEra Energy Inc. 2013]. En lugar de un ciclo de inspección de postes de 15 años, Florida ha implementado un ciclo de inspección de 8 años [NextEra Energy Inc. 2013]. Los postes que se vean perfectos después de una inspección visual pueden no estarlo internamente o bajo tierra. Por lo tanto, se han desarrollado nuevas herramientas y técnicas de inspección para ayudar a controlar los postes.

Los rayos son una preocupación particular para la infraestructura de energía eléctrica. Cuando se sobrecarga un transformador, ya sea por el impacto de un rayo o por la sobrecarga en un circuito, suele incendiarse. El incendio que se genera puede consumir el transformador, el poste al que está unido y la vegetación cercana a medida que cae el aceite en fallas al suelo. Los postes que se han llenado con agua pueden explotar cuando esta se convierte en vapor.

El rayo puede desplazarse a lo largo de los conductores, incluso cuando una línea está caída y sin energía. También el rayo puede afectar una línea caída y desplazarse a lo largo de esta hasta llegar a un pararrayos o a un eslabón fusible. Se pueden producir daños en los electrodomésticos y los aparatos electrónicos cuando un rayo cae sobre una línea más allá de un punto de apagón. Los protectores contra sobretensiones, los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) y otros equipos de protección pueden ayudar a proteger el equipamiento, pero solo desconectando los equipos de las fuentes de alimentación se garantiza que un impacto de un rayo no los deje inutilizables.

Los terremotos pueden provocar daños generalizados en los sistemas de distribución, con poca o ninguna advertencia, a través de fuertes temblores del suelo, deslizamientos de tierra, licuefacción o desplazamiento del suelo. Además, pueden generar otras fallas y eventos dominó, como incendios y rupturas en la red de suministro de agua, que, a su vez, puede dañar los sistemas de infraestructura eléctrica. Es posible que estos eventos dañen los postes o rompan las líneas eléctricas. A menos que estén cuidadosamente diseñadas para un posible movimiento sísmico de la tierra, las líneas de distribución pueden fallar si no tienen suficiente holgura para permitir que se acomoden al movimiento de la tierra, en particular cerca de las líneas de falla. Las líneas aéreas tienden a funcionar mejor que las subterráneas cerca de las líneas de falla debido a que las líneas tienen cierta holgura y también se flexionan sus estructuras de soporte. Los postes con carga superior (aquellos que tienen transformadores, reguladores de voltaje, etc.) tienden a fallar primero en un terremoto.

Se están realizando muchos esfuerzos para mejorar los sistemas de distribución. Existen programas y proyectos de mitigación en marcha en todo el país, como los pararrayos. Algunas empresas de servicios públicos están encapsulando los fusibles de modo que las piezas de metal caliente no puedan caerse y provocar un incendio. También ha habido un movimiento de alejamiento de los postes de madera. En los lugares donde todavía se utilizan postes de madera, algunas empresas de servicios públicos están aumentando el tamaño y la clase para cumplir con los criterios de diseño.

20.2.1.4. Tecnologías emergentes

Muchas tecnologías de red inteligente disponibles hoy en día tienen como objetivo ayudar a las empresas de servicios públicos de electricidad a mejorar la confiabilidad, la eficiencia operativa y la calidad de la energía, así como a identificar las posibles oportunidades para renovar los circuitos. Muchas empresas de servicios públicos están trabajando en la integración de la red inteligente para ayudar a predecir mejor el desempeño, así como para identificar acciones correctivas.

La tecnología también ha ayudado a las empresas de servicios públicos a solucionar los cortes eléctricos con rapidez. Muchas empresas de servicios públicos han implementado alguna forma de automatización de distribución y otras tecnologías para mejorar la confiabilidad y la resiliencia del sistema de energía eléctrica.

Esta sección examina el posible papel de las microrredes, la energía renovable, las celdas de combustible/almacenamiento de energía y la gestión orientada hacia la demanda para mejorar la resiliencia en las comunidades y el sistema de energía eléctrica.

Microrredes. Con respecto a la resiliencia energética, las microrredes son una de las oportunidades tecnológicas emergentes más profundas. Las microrredes conectan las cargas de los clientes con recursos energéticos distribuidos (DER, por sus siglas en inglés) dentro de un límite definido. La red eléctrica, o macrorred, trata los DER como una única entidad; la microrred gestiona los DER y las cargas de forma independiente. Se pueden conectar o desconectar las microrredes de la red y pueden funcionar de forma independiente en modo isla. Pueden ayudar a cumplir con los requisitos de misión organizacionales, participar en los mercados de energía eléctrica, aumentar la confiabilidad y resiliencia energética e incorporar recursos de energía renovable.

Se pueden implementar microrredes en muchos puntos del sistema de energía eléctrica. La división más importante es la implementación relacionada con los usuarios y la relacionada con los servicios públicos. Se pueden diseñar e implementar microrredes para usuarios, para cumplir con requisitos operativos y de negocios, e incluso pueden diseñarse para funcionar como una extensión de un sistema de reserva de generador de emergencia. La diferencia es que una microrred se diseña para proporcionar servicios completos de energía durante un período de tiempo prolongado. Se puede implementar una microrred para usuarios, con el fin de asegurar la continuidad del negocio durante un evento peligroso perturbador. Recientemente, una de las principales corporaciones de Fortune 100 incluyó una microrred como parte de

su nueva sede en el campus de la empresa para permitir el funcionamiento completo de las instalaciones durante un tiempo ilimitado después de un terremoto. Se podría presentar un caso de negocio claro para implementar una microrred al extraer el valor de la tecnología durante el funcionamiento normal.

Por otro lado, una microrred para servicios públicos tiene el desafío de equilibrar los requisitos normativos de los servicios públicos con la inversión tecnológica. Participan muchas partes interesadas en tales decisiones. Nueva York, Connecticut, California y el Departamento de Energía de los Estados Unidos han estudiado las microrredes como una posible solución. Estos estudios tienen en cuenta la manera en que algunos de los marcos regulatorios pueden influir en la capacidad de incorporar microrredes.

Las microrredes no son sistemas simples e intercambiables. Deben funcionar y proporcionar valor cuando la red se encuentra en funcionamiento, pero requieren experiencia operativa a largo plazo y un compromiso de mantenimiento. Sin embargo, en algunos casos el valor de las microrredes puede producirse cuando la pérdida de funcionamientos críticos plantea un riesgo importante para la seguridad pública. Entre las instalaciones esenciales para la recuperación de la comunidad que pueden beneficiarse de la consideración o aplicación de soluciones de microrred se incluyen las siguientes:

- Instalaciones críticas (ayuntamiento, policía, bomberos, 911, etc.)
- Hospitales y centros médicos
- Instalaciones gubernamentales
- Negocios clave para la recuperación, tales como supermercados, farmacias, grandes empleadores, gasolineras

Generación de energía renovable. La energía renovable proviene de fuentes naturales que se reponen con frecuencia y de manera sostenible. Cuando se interrumpe la energía, la generación de energía renovable puede apoyar el servicio ininterrumpido o de capacidad reducida a los consumidores de energía. El uso de la energía renovable no es nuevo, pero la tecnología, los equipos, el software y los sistemas evolucionan demasiado rápido. Los dos nuevos y principales recursos de generación de energía renovable son los sistemas de generación de energía solar y eólica.

- **Tecnología fotovoltaica (PV, por sus siglas en inglés) solar.** El proceso fotovoltaico convierte la luz en electricidad de corriente continua (CC). Los módulos de celdas solares suministran electricidad de CC a un determinado voltaje (p. ej., 12 VCC). La cantidad de corriente depende de la cantidad de luz que ingresa en el módulo. Cuando se encadenan varios módulos, se construye un conjunto solar fotovoltaico que puede producir más electricidad. Los conjuntos fotovoltaicos se configuran en serie o en paralelo para proporcionar diferentes combinaciones de voltaje y corriente. Se utilizan sistemas fotovoltaicos en diferentes situaciones, que van desde pequeñas unidades en los techos que proporcionan energía suplementaria hasta grandes parques solares que proporcionan megavatios (MW) de potencia. La tecnología sigue mejorando, con una mejor eficiencia, las conversiones de luz en electricidad y los materiales mejorados. La empresa de servicios públicos necesita coordinar y gestionar un alto porcentaje de sistemas fotovoltaicos en el sistema de distribución local como recursos distribuidos variables.
- **Energía eólica.** La energía eólica es una de las formas más antiguas de energía renovable y el hombre la ha aprovechado durante muchos años. El proceso básico utiliza turbinas para capturar la energía eólica y convertirla en energía mecánica. Se ha utilizado la energía mecánica para bombear y mover agua y para moler granos y maíz en molinos. También se puede utilizar para crear electricidad a través de un generador. Aunque se aplican los mismos principios básicos, la generación eólica se produce hoy en día a gran escala. Los parques de turbinas y generadores eólicos se encuentran en toda la región del medio oeste, Texas, las costas, mar adentro y los desiertos. Algunos parques eólicos producen muchos megavatios (MW) de energía.

Celdas de combustible y almacenamiento de energía. Las celdas de combustible y las baterías son dos nuevas tecnologías que se están desarrollando para aumentar la cantidad de métodos disponibles para el almacenamiento de energía.

- ***Celdas de combustible.*** Las celdas de combustible crean electricidad a través de reacciones químicas. Se puede controlar y personalizar la reacción para administrar la cantidad de energía producida. Los tipos de combustibles varían, pero requieren oxígeno e hidrógeno en su composición química. Los residuos de las celdas de combustibles son limpios y producen agua. Las celdas de combustible tienen una variedad de usos y han sido conceptos populares en la industria automotriz para dar soporte a vehículos de hidrógeno ecológicos. La tecnología continúa evolucionando con diferentes fuentes de combustible, soluciones más económicas y mayores capacidades.
- ***Almacenamiento de energía de la batería.*** Los sistemas de almacenamiento de la batería son la próxima innovación en cuanto a la resiliencia, calidad y eficiencia energética. El concepto es simple: cuando la demanda es baja, se cargan las baterías, pero cuando la demanda es alta, se utiliza la energía de la batería. Las baterías suelen ser grandes, costosas y no duran tanto como se desea. Además, existen pocos incentivos para la inversión en la tecnología de baterías. El panorama está cambiando lentamente y los estados como California y Nueva York están realizando estudios y pruebas piloto de baterías. Esta nueva tecnología podría tener un gran impacto en la manera en que se administra y combina la red con la generación de energía renovable.

Gestión orientada hacia la demanda. Los sistemas de Gestión orientada hacia la demanda (DSM, por sus siglas en inglés) pueden modificar los patrones del consumo de electricidad del cliente, lo que incluye la sincronización y el nivel de la demanda. La capacidad de las cargas de los clientes para responder a los controles externos durante una emergencia en el sistema de energía respalda el desempeño de dicho sistema durante el evento y luego cuando las acciones de restauración están en marcha. Esto es de especial importancia cuando se utilizan microrredes en los medidores de los usuarios y de las empresas de servicios públicos. Un desafío clave en la administración de una microrred es mantener el equilibrio de carga y generación para mantener el sistema estable.

Las soluciones de generación de reserva para usuarios, que no están pensadas para el funcionamiento a largo plazo ni para el soporte de las operaciones comerciales normales, normalmente solo cumplen con las cargas de emergencia. Los sistemas más sofisticados pueden integrar fuentes de energía renovables, celdas de combustible y almacenamiento de energía e interactuar con sistemas de automatización de edificios para controlar sus cargas y optimizar el desempeño del sistema para su funcionamiento a corto o largo plazo.

Las microrredes para servicios públicos también pueden utilizar la DSM para administrar de forma eficaz las microrredes a nivel de alimentador local y de subestación para asegurar la estabilidad del sistema y maximizar la cantidad de clientes que pueden ser atendidos por sistemas que permanecen intactos luego de un evento peligroso o que son restaurados. También se pueden utilizar las técnicas de la DSM a nivel masivo para administrar las restricciones de carga de transmisión que pueden existir durante un evento peligroso o después de este.

20.2.2. Combustible líquido.

Los combustibles líquidos más comunes son gasolina, diésel y productos de queroseno, como combustible para aviones, que derivan del petróleo. Otros combustibles líquidos incluyen gas natural comprimido, gas licuado del petróleo, combustibles sintéticos elaborados partir de gas natural o carbón, biodiésel y alcoholes. En el caso de la resiliencia, los combustibles líquidos son fundamentales para la generación de energía de reserva y casi todos los medios de transporte. Además, el 11% de los hogares de EE. UU. depende del combustible para calefacción o del propano, con el uso del combustible para

calefacción concentrado en la región del noreste y el uso de propano concentrado en las zonas rurales [USEIA 2009].

Aunque se genera menos del 1% de toda la electricidad de EE. UU. en plantas de petróleo, existen algunos mercados aislados en los que el petróleo sigue siendo el combustible principal. Un ejemplo importante es Hawái, donde el petróleo alimenta más del 70% de la generación de la electricidad [USEIA 2014a].

Las refinerías de EE. UU. tienden a estar geográficamente concentradas y funcionan al 90% o más de la capacidad durante períodos de crecimiento económico sólido [USEIA 2014b]. La confiabilidad y la resiliencia de la capacidad de las refinerías de EE. UU. es tanto un asunto de seguridad nacional como un asunto económico regional importante en aquellas zonas de EE. UU. donde se concentra la capacidad de las refinerías.

Los sistemas de producción, almacenamiento y distribución de combustible líquido incluyen los siguientes:

- Campos de producción.
- Los sistemas de transporte entre los sitios de producción, las refinerías y los centros de distribución regionales, que pueden incluir puertos, tuberías y ferrocarriles.
- Las refinerías, que pueden incluir buques de almacenamientos, instalaciones, equipos y suministros de energía.
- Los sistemas de distribución regional, incluidas las instalaciones de almacenamiento como los parques de tanques, las tuberías, los camiones y las estaciones de bombeo.

Independientemente de dónde se encuentre la capacidad de producción y refinería, todas las comunidades necesitan comprender sus sistemas de combustible, que incluyen el transporte, el almacenamiento y la distribución de productos combustibles. Los daños en los puertos, los parques de tanques, las tuberías, las vías férreas o las carreteras pueden ocasionar graves retrasos en la distribución de combustibles líquidos que, a su vez, pueden producir la pérdida de generación de energía de reserva cuando se agoten los suministros de combustible en el lugar. Durante los períodos de clima frío, la perturbación del suministro de combustible para calefacción también puede convertirse en un problema importante.

En la parte de energía del Plan de Resiliencia de Oregón, se puede observar un ejemplo de las vulnerabilidades relacionadas con el transporte, el almacenamiento y la distribución de productos combustibles; dicho plan se desarrolló para un evento sísmico de magnitud 9.0 en la zona de subducción de Cascadia. El estudio de Oregón identifica la zona industrial del noroeste de Portland como el centro de infraestructura de energía crítica (CEI, por sus siglas en inglés) de Oregón. Más del 90% de los productos petrolíferos refinados de Oregón atraviesan esta zona antes de distribuirse en todo el estado. Los posibles peligros de las redes de almacenamiento y distribución de combustible líquido incluyen temblores de la tierra, movimiento del agua, licuefacción, expansión lateral, deslizamientos de la tierra, asentamiento, fallas en la capacidad portante, incendios, seiches en la zona del centro de la CEI y daños causados por tsunamis a lo largo de la costa. Se transporta combustible al lugar a través de tuberías de transmisión de combustible líquido desde el norte y desde buques marítimos. Los modos alternativos de transporte de combustible desde el este o el sur o por vía aérea son limitados. Las recomendaciones clave para mejorar la resiliencia del sistema de energía de Oregón incluyen la realización de evaluaciones de vulnerabilidad, el desarrollo de planes de mitigación, la diversificación de los corredores de transporte y las ubicaciones de almacenamiento, la provisión de medios alternativos de suministro de combustible a los usuarios finales y la planificación coordinada para los sistemas futuros y la recuperación [OSSPAC 2013].

La Asociación Estadounidense de Líneas Vitales [ALA 2005] identificó las medidas y métricas de desempeño de alto nivel para los sistemas de tuberías que se muestran en la Tabla 14-1.

En la Tabla 14-2 se presenta calificación cualitativa de los componentes habituales del sistema de tuberías y de la vulnerabilidad de las instalaciones a los peligros del estudio ALA [2005].

Tabla 14-1: Medidas y métricas de rendimiento de alto nivel para los sistemas de tuberías de la Asociación Estadounidense de Líneas Vitales [Adaptado de ALA 2005]

Resultados deseados (objetivos de desempeño)	Métricas de desempeño del sistema					
	Pérdidas de capitales (\$)	Pérdidas de ingresos (\$)	Perturbación del servicio (% de población de servicio)	Tiempo de inactividad (horas)	Víctimas (muertos, heridos)	Producto perdido
Proteger la seguridad pública y del personal de servicios públicos					X	X
Mantener la confiabilidad del sistema			X	X		
Evitar la pérdida monetaria	X	X	X	X		X
Evitar el daño ambiental						X

Tabla 14-2: Calificación cualitativa de los componentes habituales del sistema de tuberías y la vulnerabilidad de las instalaciones a los peligros [Adaptado de ALA 2005]

Peligros	Grado de vulnerabilidad									
	Tuberías de transmisión	Estaciones de bombeo	Estaciones de compresión	Instalaciones de procesamiento	Tanques de almacenamiento	Sistemas de control	Edificios y equipos de operaciones de mantenimiento	Normativas de presión/Estaciones de medición	Tuberías de distribución	Conexiones o líneas de servicio
Peligros naturales										
Temblores por terremotos	B	M	M	M	A	M	A	B	B	M
Deformaciones permanentes del suelo por terremotos (roturas por fallas, licuefacción, deslizamiento de la tierra y asentamiento)	A	-	-	-	B	-	-	B	H (enterrado)	M
Movimientos de la tierra (deslizamiento de la tierra, levantamiento por congelación, asentamiento)	A	-	-	-	B	-	-	B	H (enterrado)	M
Inundaciones (fluviales, marejadas, tsunamis y seiches)	B	A	A	A	M	A	A	A	B	M
Vientos (huracanes, tornados)	B (aéreo)	-	-	-	-	B	B	-	-	-
Heladas	B	-	-	-	-	-	-	-	B	-
Peligros colaterales: explosiones o incendios	M	A	A	A	A	M	B	B	B	M
Peligros colaterales: inundaciones de diques	B	A	A	A	M	A	A	A	B	M
Peligros colaterales: derrumbes cercanos	-	B	B	B	-	B	B	B	M	B
Amenazas a los seres humanos										
Ataque físico (biológico, químico, radiológico y de explosión)	M	M	M	M	-	M	M	-	M	-
Ataque cibernético	-	B	B	B	-	A	B	-	B	-

Nota: los grados de vulnerabilidad se disponen de la siguiente manera: A = alto, M = moderado, B = bajo. Cuando se ubica un componente o sistema dentro de un edificio, se debe tener en cuenta tanto la vulnerabilidad del edificio como la del componente. Por ejemplo, si existe la posibilidad de que se derrumbe el edificio o de que se produzca una evacuación obligatoria, el equipo alojado en su interior está en peligro. Las entradas de la Tabla 14-2 suponen que el componente es de origen reciente, es decir, posterior al año 1945.

20.2.3. Gas natural

Las tuberías de gas natural y las instalaciones de almacenamiento comprenden una vasta infraestructura que presta servicios a 65 millones de hogares, 5 millones de negocios, 193 000 fábricas y 5500 instalaciones de generación de energía [McDonough 2013]. Existen teóricamente más de 3,9 millones de km (2,4 millones de millas) de tuberías de gas natural en el territorio continental de Estados Unidos, con tuberías que discurren a lo largo de carreteras y servidumbres privadas bajo tierras urbanas y rurales [McDonough 2013].

Las tuberías de gas natural son estructuras enterradas y, por lo tanto, los eventos que afectan el suelo, como los temblores, la licuefacción y la ruptura pueden dañarlas preponderantemente. Se pueden predecir los puntos específicos de las fallas cuando se produce ruptura o licuefacción, pero el evento más dañino a gran escala son los temblores de la tierra [Nadeau 2007]. Las debilidades existentes o los efectos del envejecimiento, que pueden ser los primeros puntos de fallas, pueden incluir corrosión, soldaduras deficientes y materiales débiles o tensos. El mantenimiento regular puede tener un efecto positivo, al igual que el reemplazo de las tuberías de hierro (utilizadas en tuberías antiguas) por tuberías de plástico (para líneas de distribución de baja presión) o de acero.

Se están utilizando las celdas de combustible como una fuente de energía para lograr una infraestructura de gas natural más resiliente. Las celdas de combustible proporcionan una fuente de energía descentralizada y confiable que ha demostrado ser de gran utilidad durante eventos peligrosos. El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) las consideran un recurso distribuido. Por ejemplo, durante el huracán Sandy, un fabricante puso en marcha 60 celdas de combustible para proporcionar energía de reserva a las torres de telefonía celular. Fueron las únicas torres de telefonía celular que permanecieron en funcionamiento durante la tormenta y luego de esta [Asociación de Energía de Celdas de Combustible e Hidrógeno 2014].

Las instalaciones sobre la tierra que apoyan los procesos como las estaciones de compresión, las plantas de procesamiento, las estaciones de medición y los pozos son las piezas más vulnerables del sistema de gas natural. Por ejemplo, el clima curiosamente frío en 2011 causó interrupciones en el servicio de gas natural en la región del sudoeste, lo que, a su vez, provocó cortes eléctricos en las instalaciones de generación eléctrica alimentadas por gas que experimentaban una alta demanda de electricidad. En un informe conjunto de FERC y NERC [FERC y NERC 2011] se llegó a la conclusión de que estos cortes y estas perturbaciones del servicio fueron causa de problemas mecánicos relacionados con el clima, como líneas de detección congeladas, equipos, líneas de agua y válvulas. En el informe se recomendaba adoptar normas mínimas de preparación para el invierno para las instalaciones de producción y procesamiento de gas natural y se sugería que la capacidad adicional de almacenamiento subterráneo de gas natural en la región podría haber mejorado los efectos de la escasez de suministro de gas natural.

20.2.4. Energía de emergencia y de reserva

La energía de emergencia y de reserva suele utilizarse para mejorar la recuperación de las funciones y la resiliencia comunitaria. Algunas disposiciones del código exigen que algunos elementos de la infraestructura tengan energía de emergencia o de reserva. Para otros, es una opción no obligatoria disponible para proporcionar un servicio.

El IEEE [1995] define un sistema de energía de emergencia como “una fuente independiente de reserva de energía eléctrica que, tras la falla o el corto de una fuente normal, suministra de forma automática energía eléctrica confiable en un plazo determinado a los dispositivos o equipos fundamentales cuya falla de funcionamiento satisfactorio pondría en peligro la salud y la seguridad del personal o causaría daños a la propiedad”.

El Código Nacional de Electricidad, o NEC [NFPA 2014], define los sistemas de emergencia como “aquellos sistemas legalmente requeridos y clasificados como de emergencia por los códigos municipales, estatales, federales o de otro tipo, o por cualquier agencia gubernamental que tenga jurisdicción. Estos sistemas tienen la intención de suministrar de forma automática iluminación, energía, o ambas, a las zonas y a los equipos designados en el caso de que falle la fuente normal o de accidente en los elementos de un sistema destinado a suministrar, distribuir y controlar la energía e iluminación esenciales para la seguridad de la vida humana”.

El NEC [NFPA 2014] divide los sistemas de energía de reserva en las dos siguientes categorías:

- **Sistemas de reserva legalmente requeridos.** *Aquellos sistemas requeridos y clasificados como legalmente requeridos por los códigos municipales, estatales, federales y de otro tipo o por cualquier agencia gubernamental que tenga jurisdicción. Estos sistemas tienen la intención de suministrar de forma automática energía a cargas seleccionadas (distintas de las clasificadas como sistemas de emergencia) en el caso de que falle la fuente normal. Los sistemas de reserva legalmente requeridos suelen instalarse para atender cargas, tales como sistemas de calefacción y refrigeración, de comunicaciones, de ventilación y eliminación de humos, de iluminación, eliminación de aguas residuales, y procesos industriales que, cuando se detienen durante cualquier interrupción del suministro eléctrico normal, pueden crear peligros o dificultar las operaciones de rescate y extinción de incendios.*
- **Sistemas de reserva opcionales.** *Aquellos sistemas que tienen la intención de suministrar energía a las instalaciones o propiedades públicas o privadas donde la seguridad de la vida no depende del desempeño del sistema. Los sistemas de reserva opcionales están destinados a suministrar energía generada en el lugar a cargas seleccionadas de forma automática o manual. Estos sistemas suelen instalarse para suministrar una fuente alternativa de energía eléctrica para instalaciones tales como los edificios industriales y comerciales, las granjas y las residencias y para admitir cargas como sistemas de calefacción y refrigeración y de procesamiento de datos y comunicaciones y procesos industriales que, cuando se detienen durante cualquier corte eléctrico, podrían causar molestias, interrupciones graves del proceso, daños al producto o al proceso y otros similares.*

El USACE [2015] desarrolló una herramienta denominada *Emergency Power Facility Assessment Tool (EPFAT)* [Herramienta de evaluación de instalaciones de energía de emergencia]. La EPFAT permite que las entidades públicas introduzcan los requisitos del generador y de la lista de materiales en una base de datos en línea con la intención de agilizar el apoyo a las instalaciones de energía eléctrica temporaria después de los eventos. Existen actualmente más de 16 000 instalaciones en la base de datos.

Los sistemas de energía de emergencia y de reserva son esenciales para el funcionamiento continuo de las instalaciones críticas, como hospitales y centros de operaciones de emergencia. También se necesita la energía de emergencia y de reserva para mitigar las fallas dominó del transporte y los sistemas de infraestructura que dependen de la energía eléctrica: redes de comunicación, estaciones de bombeo de aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de tratamiento de agua, bombas de distribución de agua, estaciones de combustible para transporte, semáforos, sistemas de control del tráfico y señales ferroviarias [ALA 2006]. Existe orientación sobre el tamaño y tipo de sistemas que podrían

proporcionar fuentes de energía alternativas para el medidor del usuario. La Herramienta de evaluación de instalaciones de energía de emergencia (EPFAT), descrita en la barra lateral, es un ejemplo de una herramienta que puede ayudar a los propietarios de instalaciones críticas a mantenerse al día con la guía más reciente para generadores.

Entre las consideraciones para el funcionamiento seguro y confiable de la energía de emergencia y de reserva en el lugar se incluyen las siguientes:

- Ventilación adecuada de los productos combustibles y los componentes del sistema de refrigeración.
- Disponibilidad de una alimentación ininterrumpida (SAI) adecuada para apoyar los sistemas críticos hasta que entre en funcionamiento la energía de emergencia o de reserva.
- Capacidad para comenzar la generación de energía de emergencia o de reserva sin la energía de la red eléctrica.
- Priorización de las necesidades de la energía y el dimensionamiento adecuado de los generadores y circuitos para cumplir con los requisitos esenciales de forma segura.
- Instalación de conexiones rápidas permanentes para aceptar la energía de los generadores temporarios.
- Capacidad para transferir de forma segura a la red cuando se restablece la energía principal.

Las normas 110 y 111 de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios proporcionan estándares de desempeño para los *Sistemas de energía de emergencia y de reserva* [NFPA 2013a] y *Sistemas de energía eléctrica almacenada de emergencia y de reserva* [NFPA 2013b], respectivamente. La norma 110 de la NPFA reconoce dos niveles de clasificación: crítico para la vida y la seguridad (Nivel 1) y no tan crítico (Nivel 2). Las aplicaciones del Nivel 1 incluyen: iluminación de seguridad, sistemas de detección y de alarma de incendios, ascensores, bombas contra incendios, sistemas de comunicaciones de seguridad pública, procesos industriales en los que una interrupción de la corriente podría producir peligros para la salud y la seguridad graves, y sistemas esenciales de ventilación y eliminación de humos. Las aplicaciones del Nivel 2 incluyen: sistemas de calefacción y refrigeración, otros sistemas de comunicación, otros sistemas de ventilación y eliminación de humos, eliminación de aguas residuales, iluminación y procesos industriales.

Las consideraciones clave para tener carga de combustible adecuada para el sistema de energía de emergencia y de reserva incluyen un suministro de combustible en el lugar para respaldar las cargas de energía esenciales y una carga de combustible que puede ser entregada por camión. Se pueden considerar las fuentes de combustible alternativas, como los conjuntos solares, para que desempeñen funciones como el mantenimiento de la iluminación de caminos de salida de emergencia, el suministro de agua a presión en los edificios o el funcionamiento de las señales o bombas de transporte en las estaciones de servicio [Andrews et al. 2013].

Los generadores diésel van desde pequeños generadores móviles hasta sistemas de instalación permanente más grandes. Los generadores más pequeños pueden desplegarse con facilidad para alimentar los semáforos, las señales de cruce de carriles o circuitos críticos en edificios residenciales o comerciales pequeños, pero necesitan reabastecimiento frecuente de combustible, plantean riesgos de seguridad para operadores sin experiencia y pueden no ser confiables si se les da poco mantenimiento o se usan con poca frecuencia. Los generadores instalados de manera permanente tienen capacidades de combustible más sustanciales y es posible que sean más seguros de operar y más confiables si se prueban y mantienen según una programación periódica.

Luego de huracán Sandy, el estado de Nueva Jersey utilizó los fondos del Programa de Subsidios para Mitigación de Peligros (HMGP, por sus siglas en inglés) de FEMA para establecer un Programa de

Resiliencia Energética para Estaciones de Combustible de Venta Minorista [NJOEM 2014]. Los requisitos de elegibilidad para el programa incluyen los siguientes:

- Las estaciones deben ubicarse dentro de ¼ de milla de una ruta de evacuación identificada.
- Las estaciones con capacidad de almacenamiento de 30 000 a 35 000 galones de gasolina fueron elegibles para una subvención de hasta 15 000 para comprar tecnología de conexión rápida o para compensar una parte del costo de la compra de un generador.
- Las estaciones con capacidad de almacenamiento de más de 35 000 galones de gasolina fueron elegibles para una subvención de hasta 65 000 para la compra e instalación de un generador en el lugar.
- Las estaciones deben vender tanto gasolina como diésel (excepto en casos limitados).

El programa exige un contrato de mantenimiento vigente durante al menos cinco años a partir de la fecha de la aprobación final del inspector municipal de edificios.

La combinación de calor y energía (CHP, por sus siglas en inglés) es un método muy eficaz para proporcionar energía ininterrumpida y servicios térmicos (calefacción o refrigeración) a una instalación anfitriona. Los sistemas de CHP en general reciben energía de turbinas alimentadas con gas natural o de motores alternativos. Hampson et al. [2013] han documentado más de una docena de estudios de caso del desempeño exitoso del sistema de CHP durante el huracán Sandy y otros cortes recientes de energía a gran escala. Las ventajas clave de los sistemas de CHP sobre los generadores convencionales diésel incluyen una mejor confiabilidad, una reducción de los costos de combustible, menores emisiones y la capacidad para abordar las demandas térmicas además de las de energía. Texas y Luisiana ahora exigen que todas las entidades estatales y gubernamentales identifiquen qué edificios de propiedad del Gobierno son esenciales en una emergencia y que se realice un estudio de factibilidad sobre CHP antes de construir o renovar ampliamente una instalación gubernamental crítica. En Nueva York, la Autoridad de Investigación y Desarrollo de Energía del Estado (NYSERDA) y la Oficina Estatal de Manejo de Emergencias se han asociado para informarles a los administradores de emergencias sobre los beneficios de los sistemas de CHP en las instalaciones de emergencias, y el gobernador ha anunciado una inversión de \$ 20 millones para proyectos de CHP, con incentivos adicionales para los proyectos que sirven a infraestructuras críticas, incluidas las instalaciones de refugio [Hampson et al. 2013].

Las tecnologías descritas en esta sección son tecnologías consolidadas y están ampliamente implementadas. Todas pueden implementarse y acoplarse con un sistema de control sofisticado para apoyar una microrred.

20.3. Objetivos de desempeño

La Tabla 14-3 presenta un ejemplo de una tabla de objetivos de desempeño para el sistema de energía a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas. Las comunidades pueden usar la tabla de ejemplo para hacer un seguimiento de los objetivos de desempeño deseados (futuros) y los previstos (actuales) de la infraestructura existente para el sistema de energía eléctrica en caso de eventos peligrosos. Los objetivos de desempeño en esta Guía se definen como “tiempo hasta la recuperación de la función” luego de un evento peligroso. Los objetivos de desempeño deseados para el sistema de energía se indican en etapas, como el tiempo para proporcionar el 30%, 60% y 90% de las funciones deseadas a la comunidad después de un evento peligroso. Se proporcionan ejemplos de objetivos de desempeño para la comunidad ficticia de Riverbend, EE. UU. en el Volumen 1 para ilustrar el proceso de planificación de seis pasos.

Los objetivos de desempeño para el sistema de energía deben alinearse con los objetivos comunitarios más amplios (consulte el Paso 3, Determinar metas y objetivos en el Volumen 1). Las partes interesadas clave dentro de la comunidad, como los propietarios, ingenieros, planificadores, reguladores, representantes de

códigos y normas y representantes de otros sistemas de infraestructura (p.ej., comunicación, transporte, agua y aguas residuales) deben ayudar a desarrollar o revisar los objetivos de desempeño.

Es necesaria una amplia colaboración a la hora de establecer los objetivos de desempeño para los sistemas de energía, ya que la mayoría de los edificios y otros sistemas de infraestructuras dependen en gran medida de la energía. Por ejemplo, tanto las líneas de distribución aéreas como las subterráneas para los sistemas de energía y de comunicación se encuentran a menudo en el derecho de paso de las carreteras y los puentes. Los servicios públicos de agua, gas y aguas residuales necesitan energía para las bombas y las plantas de tratamiento.

La Tabla 14-3 tiene ejemplos de categorías funcionales dentro del sistema de infraestructura de energía eléctrica (generación, transmisión y distribución) y apoyo específico para los grupos de edificios comunitarios que proporcionan servicios (consulte Capítulo 4 en Volumen 1). Muchas comunidades no tienen plantas de generación de electricidad en masa dentro de su jurisdicción y reciben energía generada fuera de la comunidad. La generación de electricidad distribuida se refiere a las pequeñas fuentes de energía distribuida, como microrred, energía solar y eólica. Los sistemas de transmisión y distribución existen en todas las comunidades y son los sistemas que pueden resultar dañados durante un evento peligroso. Estos sistemas desempeñan un papel clave en la recuperación de la comunidad al apoyar la recuperación de los grupos de edificios, otros sistemas de infraestructura y las necesidades comunitarias.

Los tiempos de recuperación se pueden desglosar en tres etapas principales: a corto, medio y largo plazo. La etapa a corto plazo (de 0 a 3 días) apoya la recuperación inmediata de la comunidad. La etapa de recuperación a medio plazo (de 1 a 12 semanas) apoya el regreso de las personas y los negocios a sus funciones diarias. La etapa de recuperación a largo plazo (de 4 a 36 semanas) apoya la necesidad de reconstruir, reacondicionar y fortalecer la red de transporte.

Cada comunidad debe identificar y planificar los peligros predominantes que pueden tener un impacto negativo importante en el entorno construido. Al desarrollar los objetivos de desempeño, la comunidad debe evaluar los tres diferentes niveles de evento (eventos de rutina, de diseño y extremos) que se presentaron y analizaron en el Capítulo 4 (Volumen 1). Como punto de referencia, el evento de diseño es por lo general sinónimo de magnitudes o intensidades de peligro definidas por los códigos y las normas de construcción. En el Capítulo 4 (Volumen 1) y Capítulo 12 se detalla un análisis completo de los tipos y niveles de peligros.

Tabla 14-3: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de energía eléctrica a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}	
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto

Infraestructura de las comunicaciones	Apoyo necesario ⁴	Desempeño del peligro de diseño								
		Etapa 1 Corto plazo			Etapa 2 Medio plazo			Etapa 3 Largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
Energía: servicios públicos de electricidad										
Generación de electricidad en masa de propiedad comunitaria u operada por esta										
Generación que requiere transporte de combustible (alimentada por carbón, gas o petróleo)										
Generación alimentada in situ (hidroeléctrica, solar, eólica, undimotriz, de aire comprimido)										
Almacenamiento (térmico, químico, mecánico)										
Generación de electricidad distribuida de propiedad comunitaria u operada por esta										
Generación que requiere transporte de combustible (alimentada por carbón, gas o petróleo)										
Generación alimentada in situ (hidroeléctrica, solar, eólica, undimotriz, de aire comprimido)										
Almacenamiento (térmico, químico, mecánico)										
Transmisión y distribución (incluidas las subestaciones)										
Instalaciones críticas										
Hospitales, policía y estaciones de bomberos/Centros de operaciones de emergencia										
Escombros/centros de reciclaje/Sistemas de línea vitales relacionados										
Viviendas de emergencia										
Refugios públicos/Hogares de ancianos/Centros de distribución de alimentos										
Refugio de emergencia para la respuesta/fuerza laboral de recuperación/comercial y financiero clave										
Viviendas/vecindarios										
Instalaciones de servicios esenciales de la ciudad/escuelas/consultorios médicos										
Templos/lugares de meditación y de ejercicio										
Edificios/espacios para servicios sociales (p. ej., servicios para niños) y actuaciones judiciales										
Recuperación de la comunidad										
Negocios comerciales e industriales/Servicios de la ciudad que no son de emergencia										
Restauración de viviendas residenciales										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).

La zona afectada de un evento peligroso específico, que suele depender del tipo y la intensidad del peligro, ayuda a definir la zona que puede necesitar una planificación de resiliencia. La zona afectada indica el alcance de los daños posibles causados por el evento peligroso, incluidas las comunidades circundantes, que impactará la duración del proceso de recuperación. El nivel de perturbación, por otro lado, es una estimación general de la perturbación posible del sistema de infraestructura de transporte en su conjunto y debe especificarse como menor, moderada o grave.

Las partes interesadas de la comunidad, incluidos los representantes de los proveedores de servicios públicos, necesitan trabajar en conjunto para determinar las funciones necesarias durante la recuperación y los objetivos de desempeño adaptados a las necesidades de su comunidad y a los sistemas energéticos. Este proceso guiará la conversación sobre resiliencia entre los usuarios y los proveedores y ayudará a establecer un vocabulario en común y las expectativas sobre el desempeño del sistema en el estado actual y en la comunidad resiliente deseada y futura.

Cabe observar que, en el caso de los sistemas de energía, el operador propietario local (p. ej., empresa de servicios públicos de energía eléctrica de inversión privada, del municipio, de una cooperativa, de gas) tiene la responsabilidad de dar prioridad a la restauración del servicio sobre la base de las leyes y los reglamentos federales, estatales y locales, así como de garantizar el funcionamiento seguro y fiable del sistema de energía. La comunidad local y los operadores propietarios pueden desarrollar las prioridades fuera de las requeridas por la reglamentación en materia de seguridad y confiabilidad.

Para desarrollar objetivos de desempeño para la Tabla 14-3, las partes interesadas de la comunidad deben identificar el desempeño deseado de los sistemas de energía para apoyar una comunidad de una manera que se considere resiliente. Los objetivos de desempeño deseado (futuro) se deben basar en las necesidades de las instituciones sociales luego de un evento peligroso. El desempeño previsto (es decir, la “X”) se debe basar en el desempeño esperado del sistema de infraestructura existente, que puede incluir datos y tiempos de respuesta de eventos peligrosos recientes.

Como tal, gran parte de la infraestructura actual y de los esfuerzos de respuesta administrados por grandes empresas de servicios públicos pueden cumplir con el 90% de la métrica restaurada identificada y, por lo tanto, se puede marcar el cuadro sombreado en azul con el 90% para mostrar que se están superponiendo. Sin embargo, es posible que las empresas de servicios públicos y los proveedores no alcancen los niveles de desempeño propuestos.

Los objetivos de desempeño de la comunidad no pueden abordar la restauración de las capacidades de generación o transmisión cuando un evento daña en gran medida estos activos de infraestructura. En el caso de los eventos peligrosos, generalmente se espera que la red pueda responder y absorber algún nivel de la falla en la infraestructura. Las soluciones a corto y largo plazo para las perturbaciones, los cortes y las interrupciones necesitan ser parte del proceso de planificación de recuperación. La capacidad de los subelementos y las funciones para estar en funcionamiento poco después de un evento puede alcanzarse mediante una variedad de soluciones, incluida la implementación de la generación de electricidad distribuida y las microrredes en los medidores de los consumidores y de las empresas de servicios públicos. La priorización de la restauración y las soluciones elegidas para trabajar en torno a las limitaciones de tiempo de la recuperación dependen en gran medida de la naturaleza del evento, el nivel y la ubicación del daño, la geografía y las características eléctricas de los sistemas afectados. Algunas pueden exigir inversiones de capital, mientras que otras son respuestas operativas que dependen de la mano de obra y del personal.

El porcentaje de la infraestructura de energía eléctrica que las empresas de servicios públicos pueden recuperar con rapidez variará de comunidad a comunidad. Los subelementos que se presentan en la tabla son un conjunto representativo. Las comunidades pueden tener una cantidad más grande o más pequeña de elementos y funciones que los que se describen aquí. El proceso de planificación local debe evaluar y establecer los subelementos y las funciones que deben tener los objetivos de desempeño deseados.

A modo de ejemplo, se puede encontrar el trabajo previo para establecer los objetivos de desempeño en los esfuerzos llevados a cabo por SPUR [SPUR 2009], el programa de Planificación de Aseguramiento de Energía Local de California [CaLEAP 2015] y el Plan de Resiliencia del Estado de Oregón [OSSPAC 2013].

20.4. Entorno regulador

Las industrias de servicios públicos de electricidad y de combustibles líquidos se regulan en gran medida con el objetivo de mantener los precios bajos, conservar la entrega segura y proporcionar productos confiables y de calidad a los consumidores. La normativa se produce a nivel federal y estatal. Las normativas, los códigos y las normas pueden ayudar a mejorar el desempeño y la recuperación de la infraestructura nueva y existente frente a los eventos peligrosos y, al mismo tiempo, abordar estos objetivos societarios.

20.4.1. Federal

La Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) es el organismo regulador nacional de EE. UU. responsable de la transmisión interestatal de petróleo, gas natural y electricidad [FERC 2015]. También es responsable de revisar las propuestas interestatales de tuberías de gas, otorgar licencias para plantas hidroeléctricas e inspeccionar las propuestas para desarrollar terminales de gas natural licuado. La FERC regula las ventas interestatales al por mayor y la transmisión de electricidad, revisa las fusiones y adquisiciones de empresas de servicios públicos y toma decisiones acerca de estas, controla e investiga los mercados de energía y dictamina sobre las aplicaciones de ubicación de la transmisión. La FERC tiene la autoridad de imponer sanciones y multas civiles por incumplimiento de las normas reglamentarias.

En 2005, la Crisis Energética del Oeste, el escándalo Enron y un histórico corte eléctrico en la costa este condujeron a que el Congreso le otorgue una nueva y amplia autoridad a la FERC. Un grupo de trabajo conjunto de EE. UU. y Canadá estudió las causas y los efectos del corte eléctrico de 2003 e identificó la necesidad de hacer que las normas de confiabilidad sean obligatorias y aplicables con sanciones por incumplimiento. La Ley de Política Energética de 2005 [EPAct 2005] le confió a la FERC la nueva responsabilidad de supervisar las normas de confiabilidad obligatorias y aplicables para el Sistema de Energía en Masa (BPS, por sus siglas en inglés) de la nación, es decir, la red eléctrica mayorista. El negocio de confiabilidad no solo se convirtió en un conjunto de las mejores prácticas de la industria, sino también en un asunto de importancia política nacional.

A través de la Sección 215 de la Ley Federal de Energía [1920], el Congreso autorizó a la FERC a certificar una Organización Nacional de Confiabilidad Eléctrica (ERO, por sus siglas en inglés), que es la North American Electric Reliability Corporation (NERC). La NERC es una entidad sin fines de lucro cuya misión es asegurar la confiabilidad del Sistema de Energía en Masa en América del Norte. La NERC desarrolla e implementa normas de confiabilidad y evalúa anualmente la confiabilidad estacional y a largo plazo, controla el BPS a través de la concientización del sistema e informa, capacita y certifica al personal de la industria. La zona de responsabilidad de la NERC abarca el territorio continental de los Estados Unidos, Canadá y la parte norte de Baja California, México. La NERC está sujeta a la supervisión de la FERC y de las autoridades gubernamentales de Canadá [NERC 2015b].

La Comisión Reguladora Nuclear (NRC, por sus siglas en inglés), otro regulador federal, es responsable de otorgar licencias e inspeccionar los reactores nucleares y proporcionar normativas, directrices y mejores prácticas para su funcionamiento. También son responsables de toda la supervisión de fabricación de combustible nuclear y de la coordinación y participación en la investigación y el desarrollo de energía nuclear.

Las diversas autoridades estatales y federales regulan los diferentes y superpuestos aspectos del sistema eléctrico. Los requisitos, las normas y los códigos para cada uno de ellos son largos, complejos, evolutivos y son parte del proceso que busca mejoras para facilitar la confiabilidad y la mejora de la resiliencia.

20.4.2. Estatal

Cada estado tiene una comisión reguladora con la responsabilidad de representar a los consumidores de energía eléctrica en su jurisdicción. Las comisiones estatales regulan la electricidad y el gas minorista, aprueban la construcción física de los proyectos de infraestructura, dictaminan la distribución de electricidad y gas y proporcionan supervisión reguladora general de los servicios públicos locales y empresas de distribución gas. La comisión se reúne regularmente con las empresas de servicios públicos estatales y realiza evaluaciones de desempeño. Si no se cumplen las métricas de desempeño, puede que se sancionen o multen a las empresas de servicios públicos.

Las empresas de servicios públicos y las comisiones de servicio público (PSC, por sus siglas en inglés) estatales trabajan para equilibrar las normativas y las reglas que rigen las funciones y responsabilidades de los servicios públicos. Por ejemplo, existe una normativa cambiante de los sistemas solares en los techos y detrás de la carga del medidor y la capacidad de las empresas solares para vender la energía a la empresa de servicios públicos. Esto se refiere a la “medición neta” y las reglas varían de un estado a otro. Las empresas de servicios públicos deben tener en cuenta los costos asociados con la planificación, mantenimiento y el funcionamiento del sistema de infraestructura, así como garantizar que la falla de los equipos de los clientes no cause otras perturbaciones del servicio.

Las PSC estatales y las empresas de servicios públicos administran principalmente las reglas y regulaciones, pero los papeles de supervisión de los Operadores Independientes del Sistema (ISO, por sus siglas en inglés) y las Organizaciones Regionales de Transmisión (RTO, por sus siglas en inglés) también son importantes, en particular con respecto a los costos y la confiabilidad. Los ISO y las RTO tienen funciones similares, aunque las RTO tienen una mayor responsabilidad en la red de transmisión regional, según lo establecido por la FERC. Sin embargo, los ISO y las RTO operan redes eléctricas regionales, administran los mercados mayoristas de electricidad y proporcionan la planificación de confiabilidad para el sistema eléctrico en masa. Algunos de estos sistemas, como el ISO de Nueva York (NYISO), son sistemas estatales únicos y algunos son más regionales, como el sistema del ISO de Nueva Inglaterra (ISO-NE) y la Southwest Power Pool (SPP). Debido a la interrelación de la red de América del Norte, puede que los sistemas de ISO/RTO sean intencionales e incluyan, por ejemplo, el Operador del Sistema Eléctrico de Alberta.

20.4.3. Local

A nivel local y estatal, los códigos y las normas son adoptadas por las ciudades, las municipalidades, los condados, otras entidades gubernamentales locales, los PSC estatales, los PUC, los ISO y las RTO para dirigir el diseño y la construcción de la infraestructura. Existe una gran variación en el nivel de la orientación del diseño que se proporciona a través de los códigos y las normas adoptadas por estas entidades. Mientras algunos tienen mejores prácticas, otros hacen referencia a códigos y normas consensuados y aprobados por ANSI.

20.5. Códigos y normas

Se utiliza una variedad de códigos y normas en la industria de la energía eléctrica para diseñar y construir los sistemas de generación, transmisión y distribución. Si bien ASCE 7 se incorpora ahora como referencia y se utiliza con más frecuencia que en el pasado, la mayoría de los activos de transmisión y

distribución están diseñados de acuerdo con los manuales/normas de diseño del Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC) o del Servicio de Servicios Públicos Rurales (RUS, por sus siglas en inglés), respectivamente. Existen muchas variables en relación con el diseño y la construcción de estos activos. No se pueden abordar todos los elementos aquí o necesitarán una verificación cruzada adicional con códigos, normas y normativas adicionales.

En 2009, NIST estableció el Panel de Interoperabilidad de Redes Inteligentes (SGIP). El SGIP es una asociación privada-pública que identifica las brechas de las normas de suministro eléctrico, las llena a través del análisis de requisitos y se coordina con las Organizaciones de Establecimiento de Normas (SSO) para crear o modificar las normas y directrices de la interoperabilidad. El SGIP mantiene un Catálogo de Normas (SGIP 2015) que enumera muchas normas que han sido examinadas a través de un proceso reglamentado con respecto a la ciberseguridad y a la integridad de la arquitectura.

El Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC) es el código eléctrico al que adhieren las Empresas de Servicios Públicos de Propiedad de Inversores (IOU, por sus siglas en inglés) que diseñan y construyen los activos de Transmisión; Secciones 24 (grados de construcción), 25 (requisitos de carga) y 26 (requisitos de resistencia). Las reglas 215 (suelo) y 218 (árboles) del NESC presentan información importante sobre el manejo de la vegetación. Si bien este es un código de seguridad, se utiliza como un código de diseño de ingeniería en lugar de otra directriz. Cada empresa de servicios públicos cuenta con un departamento de normas que evalúa los distintos códigos y las distintas normas que se aplican durante el diseño y la construcción de sus activos. Evalúan todos los nuevos equipos para asegurarse de que cumplan con las normas o las excedan. A partir de la línea de base establecida en el NESC, es importante tener en cuenta que todos los IOU han desarrollado sus propias normas para sus respectivos sistemas. Aunque la mayoría de estas normas exceden los requisitos mínimos establecidos por el NESC, es posible que el desempeño deseado para la resiliencia exceda la línea de base cuando se consideran los peligros (p. ej., inundaciones, vientos, sismos, hielos, otros peligros naturales y otras amenazas provocadas por el hombre).

De una forma similar, las cooperativas y municipalidades responsables de los activos de distribución utilizan los manuales y las normas de diseño del Servicio de Servicios Públicos Rurales (RUS). Los manuales de diseño de la línea de distribución de RUS consisten en los boletines de RUS 1724-150 [USDA 2014] a 1724-154 [USDA 2003]. Se refieren a la identificación de cargas y clientes críticos, y de postes y equipos.

La información que se proporciona en las siguientes secciones tiene como fin ayudar a las comunidades a desarrollar mejor sus propios objetivos de desempeño para las nuevas construcciones, mediante la identificación de los criterios de desempeño que se han considerado en el diseño de estos activos.

20.5.1. Nuevas construcciones

Para algunos elementos del sistema de energía, los criterios de diseño para los peligros se han alineado con las normas de edificación, como la ASCE 7. Sin embargo, no están bien definidos los objetivos de desempeño para estos sistemas. Las definiciones también son menos claras con respecto a lo que se considera como eventos de rutina, de diseño y extremos.

A continuación, se resumen los peligros que considera el NESC (Parte 2, Sección 25):

- **250B: hielo y viento combinados.** Es el criterio de carga básico y se conoce como “District Loading” [Carga por distrito]. Incorpora hielo y viento con factores de sobrecarga y resistencia. Se aplica a todas las estructuras y se refiere al mapa presentado en la Figura 250-1 [IEEE 2012]. Los límites de los distritos siguen las líneas de los condados. Se obtuvieron datos de una pequeña cantidad de estaciones meteorológicas, que estaban alejadas. Si bien la industria ha analizado reemplazar este mapa con mapas adecuados de ASCE 7, aún se está evaluando este tema.

- **250C: viento extremo.** Estos criterios explican los vientos más fuertes que suelen encontrarse a lo largo de la costa y durante eventos extremos. Solo se utilizan estos criterios para estructuras superiores a 60' sobre el suelo (70' de poste y más largas [IEEE 2012]). Las Figuras 250-2a a 250-2e representan los mapas adecuados [IEEE 2012]. Debido a la altura habitual de la torre, las líneas de transmisión se diseñan de acuerdo con estos criterios. Los factores de sobrecarga y resistencia utilizados son generalmente 1, ya que se trata de un mapa de eventos extremos (nota: la nomenclatura de “viento extremo” que se utiliza aquí no es congruente con el evento de viento extremo que se usa para el diseño y la construcción de edificios o refugios contra tormentas según el ICC-500 [2014]). En 1977 se introdujeron por primera vez estos criterios en el NESC [IEEE 2015]. El NESC de 2002 [IEEE 2002] incorporó los mapas de vientos de ASCE 7-98. El NESC de 2012 [IEEE 2012] usa los mapas de vientos de ASCE 7-05. Se revisaron los mapas de vientos de ASCE 7-10 para representar mejor el peligro del viento para el rango de las condiciones de diseño necesarias para los edificios y las estructuras. Los mapas actualmente se basan en esfuerzos de modelado nuevos y actualizados, refinamientos para comprender el rendimiento del viento y la incorporación de factores de riesgo y confiabilidad en los mapas para la construcción de Categorías de Riesgo (consulte el Capítulo 12). Sin embargo, el NESC no utiliza estos mapas, en función de una decisión de su comité de código para mantener el uso de los mapas de viento de ASCE 7-05 y no actualizar los coeficientes de ingeniería del NESC para los supuestos del nuevo mapa. Actualmente, el NESC trabaja con la ASCE para determinar la manera de incorporar los nuevos mapas que se están preparando para la actualización 2016 de ASCE 7.
- **250D: hielo y viento combinados.** Se agregó este criterio en el NESC de 2007 para tener en cuenta los eventos de hielo extremos [IEEE 2015]. Este criterio es similar a la carga de viento extremo. La mayoría de los activos de transmisión se diseñarán de acuerdo con este criterio, mientras que los activos de distribución no lo harán. A lo largo de los años, la mayoría de las empresas de servicios públicos tuvieron su propia carga de hielo extrema para el diseño de los activos de transmisión. Se retienen y diferencian los mapas de ASCE 7-05 para este criterio.
- Entre las normas adicionales relacionadas con el diseño resistente a los peligros se incluyen las siguientes:
 - ASCE 7-10 [ASCE 2010] exime las líneas eléctricas del diseño sísmico.
 - ASCE 113 [ASCE 2008] aplica criterios de diseño para las estaciones. Se abordan los diseños sísmicos en esta norma.
 - ANSI O5 [ANSI 2008] se aplica a los postes de madera.
 - ANSI C29 [ANSI 2013] se aplica a los aisladores.
 - La mayoría de las estructuras de distribución son más cortas que la limitación de altura de 18 m (60 pies). Por lo tanto, la mayoría de las empresas de servicios públicos no diseñarán sus líneas de distribución de acuerdo con los criterios de ASCE 7. Es necesario reconsiderar este criterio dado el desempeño de los sistemas de energía eléctrica durante huracanes y tornados. Las empresas de servicios públicos pueden considerar los criterios de diseño adicionales más allá de los requisitos mínimos necesarios para cumplir con los objetivos de desempeño deseados.

20.5.1.1. Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño

Tal como se explicó en la sección anterior, las estructuras superiores a 18 m (60 pies) de alto están diseñadas para los peligros de viento y hielo de ASCE 7. Aunque el NESC define esto como un caso de carga extrema, estas cargas son consistentes con el evento de diseño como se define en esta Guía. Por lo

tanto, la infraestructura de energía futura superior a 18 m (60 pies) de alto debería tener muy pocas fallas en un evento de diseño. Sin embargo, la infraestructura de energía inferior a 18 m (60 pies) de alto (es decir, la mayoría de las estructuras de distribución) no necesita diseñarse para las cargas extremas del NESC. Por el contrario, pueden diseñarse según los criterios de la regla 250B, que es inferior al evento de diseño tal como se define en el Capítulo 4 (Volumen 1). Por lo tanto, es más probable que las fallas en el sistema de distribución de energía sucedan en un evento de diseño de hielo o viento que en edificios y estructuras diseñadas de acuerdo con los criterios de ASCE 7. Por ejemplo, pueden ocurrir algunas fallas en el sistema de distribución durante los eventos de rutina de viento o hielo, según los criterios de diseño del sistema en relación con la magnitud del evento. El diseño y la construcción de los elementos del sistema de distribución de acuerdo con las normas utilizadas para los edificios y otras estructuras a las que prestan servicio, así como un programa eficaz de poda de árboles, mejoraría el desempeño del sistema de distribución cuando se produce un evento peligroso.

Se anticiparía que las estructuras aéreas y sus cimientos de soporte que están diseñadas para tener en cuenta las características del suelo locales funcionarán bien durante los terremotos debido a su flexibilidad. Sin embargo, no está bien caracterizado el desempeño real durante un evento de terremoto de diseño para estos sistemas. Es posible que las líneas de distribución enterradas fallen debido a la licuefacción o si no hay suficiente holgura en las líneas para resistir los desplazamientos y las fuerzas de los eventos de terremoto de diseño. Las inundaciones también pueden dar lugar a la falla de la infraestructura subterránea, si no está diseñada adecuadamente para inundaciones o si no se la protege contra la erosión o los deslizamientos de tierra.

20.5.1.2. Niveles de recuperación

El tiempo necesario para recuperar y restaurar el servicio de la infraestructura de energía inferior a 18 m (60 pies) de alto dependerá de una serie de factores, tales como si las líneas de distribución son aéreas o subterráneas, la movilidad de los equipos de reparación de emergencia, la disponibilidad de los recursos para la reparación y la extensión de la zona afectada. Puede que las líneas de distribución aéreas fallen con más frecuencia debido a los eventos de viento o hielo. Sin embargo, es más fácil acceder a estas fallas y repararlas que las líneas subterráneas, que pueden fallar durante los eventos de inundación o terremoto.

Es más difícil acceder a los daños en las infraestructuras subterráneas y repararlos. Por lo tanto, si bien la infraestructura de distribución aérea puede tener fallas más generalizadas que probablemente tardarán días o semanas en recuperarse, unas pocas fallas subterráneas pueden resultar en el mismo tiempo de recuperación. Sin embargo, es posible que las fallas subterráneas generalizadas necesiten una cantidad de semanas para restaurar la funcionalidad completa del sistema.

20.5.2. Construcción existente

Para los elementos de infraestructura existente del sistema de energía, los criterios de diseño utilizados para el desempeño y los peligros varían de manera considerable. En muchos casos, se tuvieron muy poco o nada en cuenta las fuerzas y cargas impartidas a la infraestructura por los eventos peligrosos, ya que el diseño es anterior a las normas de diseño, como la ASCE 7 [ASCE 2010], que proporcionan los criterios para calcular y aplicar dichas cargas. En algunas instancias, se incorporó la resistencia a los peligros a través de información anecdótica, como la ubicación de infraestructura crítica según las tormentas anteriores o a través de enfoques de diseño conservador y el uso de materiales que proporcionan cierto nivel de resiliencia. Además, es probable que no se consideren ni definan los objetivos de desempeño para estos sistemas. Como resultado, la infraestructura antigua puede tener vulnerabilidades. Esta sección analiza el desempeño previsto o implicado para los elementos de la infraestructura existente para ayudar a desarrollar los mejores estimados del desempeño previsto durante los eventos peligrosos.

Entre los ejemplos de estas vulnerabilidades se pueden incluir los siguientes:

- **Transformadores agrupados, bajo tierra.** Los transformadores se agrupan firmemente en bóvedas subterráneas y pequeños parques de subestaciones, muchos de ellos a nivel del suelo o por debajo de este, a menudo se llenan de agua y escombros durante inundaciones, deslizamientos de tierra y terremotos. La redundancia del sistema puede mitigar la pérdida del servicio proporcionado o el tiempo para restaurar el servicio.
- **Alimentadores de alto y bajo voltaje para subestaciones de postes únicos.** El uso de polos únicos para tomar tanto las líneas de entrada como las de salida de las subestaciones crea un único punto posible de falla. Si se separan las líneas y falla el poste o la torre de alto voltaje entrante, posiblemente la generación de electricidad distribuida todavía pueda alimentar la estación. Si falla el polo de salida del alimentador de bajo voltaje, la alimentación de alto voltaje entrante permanece en funcionamiento, al igual que otros postes de alimentador de bajo voltaje.
- **Fusibles, no disyuntores en muchos lugares.** El uso de fusibles en lugar de disyuntores o interruptores con reconexión automática en diferentes partes del sistema de distribución es en gran medida una decisión con base en los costos. Al considerar la resiliencia, el uso de más disyuntores e interruptores con reconexión automática puede ser una nueva buena práctica. También, la falta de seccionadores en muchos sistemas de servicios públicos puede significar que una sola falla genere una pérdida de servicio a todos los clientes mientras se está reparando el circuito dañado.
- **Los conductos subterráneos yacen juntos y se cruzan en muchos pozos poco profundos.** La proximidad de muchos conductos es un posible modo de falla común que generalmente no se considera en las prácticas de diseño existentes.
- **Falla de automatización.** La mayor parte de la conmutación en la red de distribución actual es local y manual, por lo que el restablecimiento de la energía mediante configuraciones alternativas necesita que una persona acceda físicamente al equipo.

Entre las vulnerabilidades en las comunicaciones y los equipos de control existentes utilizados para apoyar el sistema de energía se pueden incluir las siguientes:

- **Tarjeta de comunicaciones única/frecuencia en los dispositivos.** Una tarjeta de comunicaciones única o de frecuencia puede crear un punto de falla y un posible problema de interferencia con un aumento del tráfico de radio durante la respuesta al evento.
- **Clave de encriptación única o contraseñas predeterminadas para todos los dispositivos del sistema.** Los problemas de encriptación y contraseñas son un tema de seguridad bien conocido que se está abordando en la infraestructura crítica, pero que no se considera en la mayoría de los sistemas de distribución.
- **Baterías muy pequeñas y supercapacitores en los dispositivos.** Los pequeños dispositivos de almacenamiento de energía tienen una ventana de comunicaciones corta en unos pocos canales, que puede progresar a una cantidad de comunicaciones caídas o pérdidas durante los cortes, lo que limita la capacidad para optimizar el despacho del personal.
- **Desempeño de las redes de malla durante el arranque en frío.** Algunos planes de aplicación de la red de malla que se utilizan para las redes de área de campo pueden ser frágiles cuando el sistema comienza a tener cortes. Se necesita tiempo para reformar un plan de ejecución luego de un corte y es posible que los planes estén limitados por las baterías pequeñas, los diseños de malla profunda, falta de parámetros de arranque en frío almacenados, etc.
- **Derechos de paso comunes.** Los circuitos de fibra y otros circuitos de comunicación tienden a funcionar en los mismos derechos de paso (en los mismos postes) que el servicio eléctrico, si se rompe uno de ellos, generalmente se rompen ambos.

- ***Diversidad de las rutas de las telecomunicaciones.*** Es posible que no exista una diversidad de rutas debido a una pequeña cantidad de interruptores de telecomunicaciones o centrales telefónicas.
- ***Prácticas de operación de emergencia de comunicaciones celulares.*** Si bien las torres de telefonía celular ofrecen cobertura en muchos lugares, sin la energía adecuada de emergencia o de reserva, pasan al modo de solo llamadas de emergencia cuando se cae la red, lo cual puede afectar las comunicaciones de energía eléctrica que dependen de los sistemas celulares para el retorno.
- ***Requisitos de alimentación del sistema de telefonía digital.*** A diferencia del sistema del Servicio Telefónico Tradicional Antiguo (POTS, por sus siglas en inglés), los sistemas de telefonía digital necesitan energía en cada caja de calle.

La mayoría de estos problemas no tienen códigos ni normativas explícitas, pero algunos sí. La mayoría se encuentra en la categoría de mejores prácticas, tanto en el medidor del usuario como en el de la empresa de servicios públicos. Estas vulnerabilidades permanecerán hasta que la nueva construcción (emprendida utilizando nuevos códigos y mejores prácticas que consideren la resiliencia) reemplace la infraestructura antigua.

Algunas empresas de servicios públicos en la costa este están comenzando a considerar la protección o mitigación de las estaciones después del huracán Sandy. Las opciones de diseño o reacondicionamiento pueden incluir las estructuras elevadas y los edificios de control por encima de los niveles de inundación de diseño o la reubicación de la estación fuera de la zona de inundación. Si bien las reglas del NESC abordan el manejo de la vegetación, existe una falta de mejores prácticas de gestión para guiar la industria.

20.5.2.1. Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño

Tal como se analizó en la Sección 14.3, es posible que el 90% de los objetivos de desempeño deseado ya se hayan alcanzado con el desempeño previsto de algunas empresas de servicios públicos de electricidad. En el caso de los eventos de peligro de rutina, la mayoría de los consumidores de electricidad y combustible esperan la restauración en cuestión de minutos u horas, no de días.

Algunas de las infraestructuras de servicios públicos existentes tienen una antigüedad de hasta 30 años, y la mayoría de los sistemas de infraestructura de 10 años o más dependen en gran medida de las comunicaciones y las redes de control para funcionar de manera eficaz en las condiciones adversas. Esto sucede más a menudo para aquellos sistemas con algún nivel de automatización que permiten la conmutación, el seccionamiento y la reconfiguración de circuitos automáticos o controlados a distancia. La disponibilidad y el estado operativo de los activos sobre el terreno también se ven directamente afectados por la disponibilidad del equipo de comunicaciones.

Existen muchos modos de falla para las comunicaciones y el equipo de control. Uno de los aspectos que se abordan en los códigos y las normas de la nueva construcción es la capacidad del equipo electrónico para funcionar correctamente en las condiciones ambientales adversas. Las primeras aplicaciones de los equipos de red en las subestaciones se basaban en equipos de consumo que tenían una tolerancia muy baja a la temperatura, la humedad, los golpes, las vibraciones y el entorno electromagnético. Incluso los equipos de calidad industrial de primera generación destinados a aplicaciones de servicios públicos no consideraban el entorno que se encuentra en las aplicaciones de subestaciones y alimentadores. Las nuevas normas, como IEC 61850-3 [IEC 2013] e IEEE 1613 [IEEE 2009], abordan algunos de estos problemas. La norma de IEC que se utiliza en el mundo, pero especialmente en Europa, tiene buenas directrices ambientales (temperatura, descarga y vibración), aunque no es así para la norma de IEEE equivalente que se usa principalmente en América del Norte. En América del Norte, actualmente no existen códigos o normativas que necesiten comunicaciones y equipos de control para cumplir con todas las normas, y todavía están surgiendo las mejores prácticas. Las normas definidas para las instalaciones de comunicación, según lo descrito en el Capítulo 15, no se aplican a otras industrias o empresas de

servicios públicos que pueden implementar o utilizar equipos similares para dar soporte al funcionamiento de su negocio. Estos sistemas pueden ser vulnerables a las fallas de comunicación y control hasta que se los actualice o reemplace.

20.5.2.2. Niveles de recuperación

Cuando se producen eventos y se requieren esfuerzos de recuperación, las prioridades y los esfuerzos de restauración primero deben abordar las necesidades societarias relacionadas con la emergencia y avanzar a través de una respuesta graduada. La tabla de ejemplo de los objetivos de desempeño enumera los siguientes niveles: instalaciones críticas, viviendas de emergencia, viviendas y vecindarios que incluyen los servicios esenciales y luego la restauración sistemática de la comunidad en general. A continuación, se enumeran los factores que pueden afectar el tiempo hasta la recuperación de la función:

- **Restauración de instalaciones y servicios de emergencia.** Al momento de planificar la recuperación del servicio, considere la infraestructura de comunicación que se conecta con los recursos de emergencia críticos (comunicaciones por cable, radio celular y sistemas de radio administrados por terceros). En primer lugar, se deben planear, probar, mantener y restaurar adecuadamente las tecnologías y los sistemas que abordan los servicios de emergencia centrales.
- **Restauración de los derechos de paso e infraestructura críticos.** La recuperación de las funciones de los sistemas depende de la capacidad para despachar y administrar eficazmente al personal de limpieza de derechos de paso, al personal de reparación eléctrica y a las demás organizaciones y servicios relacionados con la restauración que no son de emergencia pero que son vitales. Es posible que se necesite la energía de emergencia para los centros de despacho del personal de servicios públicos, los edificios clave de la ciudad como el ayuntamiento y las instalaciones para el personal de trabajo públicos.
- **Restauración de la comunidad.** La restauración completa puede demorar días, semanas o incluso meses según el tipo y nivel del evento peligroso. Puede que este aspecto de la restauración no esté previsto si no se ha experimentado previamente la magnitud del daño. Se debe priorizar e integrar este elemento cuidadosamente en el plan de resiliencia comunitaria.
- **Proyectos de mitigación o esfuerzos de resiliencia.** Se pueden construir proyectos de mitigación durante la recuperación para mejorar el desempeño del sistema de energía para los eventos futuros y se pueden emplear tecnologías como la generación de reserva, la energía renovable o las microrredes.

20.6. Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria

Los objetivos de esta sección incluyen proporcionar orientación sobre cómo debe trabajar una comunidad a través del proceso de definición de soluciones, para abordar las brechas en el desempeño deseado del sistema de energía luego de un evento peligroso.

20.6.1. Orientación disponible

La seguridad energética es un concepto relativamente nuevo para los sistemas de energía. Se refiere a la planificación de sistemas para el funcionamiento normal y para los efectos de todos los peligros. Aborda el suministro y la confiabilidad de la energía, así como los efectos de la infraestructura antigua y de todos los peligros del sistema. Un plan de seguridad energética tiene elementos similares al proceso de planificación de seis pasos de la Guía, aunque no se enfoca en los objetivos de desempeño de la comunidad como concepto organizativo para el diseño y los planes de recuperación.

La seguridad energética se enfoca en ayudar a los gobiernos locales a prepararse para posibles emergencias, así como a responder ante estas, recuperarse de estas y mitigarlas. Estas emergencias afectan los sistemas de energía, al tiempo que minimizan las pérdidas económicas y protegen la salud y la seguridad públicas. A los efectos de la presente Guía, se trata la seguridad energética de la siguiente manera:

- Garantizar que los activos clave estén en funcionamiento cuando sea necesario.
- Fomentar las asociaciones público-privadas antes de que ocurran los incidentes.
- Tomar conciencia de las dependencias de energía.
- Identificar las acciones y los proyectos para avanzar hacia una mayor confiabilidad y resiliencia energética.

Se pueden encontrar ejemplos de cómo se ha aplicado la seguridad energética en el programa de Seguridad Energética del DOE [DOE 2015], las Directrices para la Seguridad Energética del estado de NASEO [NASEO 2009] y el proceso de Planificación de la Seguridad Energética Local de California (CaLEAP) <http://www.caleap.org/> [CaLEAP 2015].

La seguridad energética consiste en asegurar que se mantengan los servicios esenciales en caso de que se produzca una perturbación del suministro de energía. Los pasos clave incluyen los siguientes:

- Identificar los activos clave de los servicios esenciales en la comunidad y determinar sus vulnerabilidades.
- Construir relaciones y asociaciones para aclarar papeles y responsabilidades antes de los eventos.
- Tomar conciencia y comprensión sobre las dependencias de energía de otros sistemas.

Si se cuenta con una buena comprensión de los activos y las dependencias clave, un gobierno local, que trabaja con el proveedor de energía local, puede identificar acciones y proyectos para ser más resiliente a la energía.

Debido a que la resiliencia es nueva, existe una gran necesidad de herramientas que ayuden tanto a la comunidad como a la industria a evaluar la resiliencia. El diagrama de flujo (Figura 14-3), desarrollado por el programa de CaLEAP, muestra el enfoque general para desarrollar dicho plan, incluida la formación de un equipo de EAP. Observe que este diagrama de flujo es similar al proceso de planificación de seis pasos de la Guía (Volumen 1) para lograr la resiliencia comunitaria, pero existen algunas diferencias que deberán abordarse para que sean compatibles con el proceso de seis pasos que utilizan todos los sistemas de construcción e infraestructura de una comunidad.

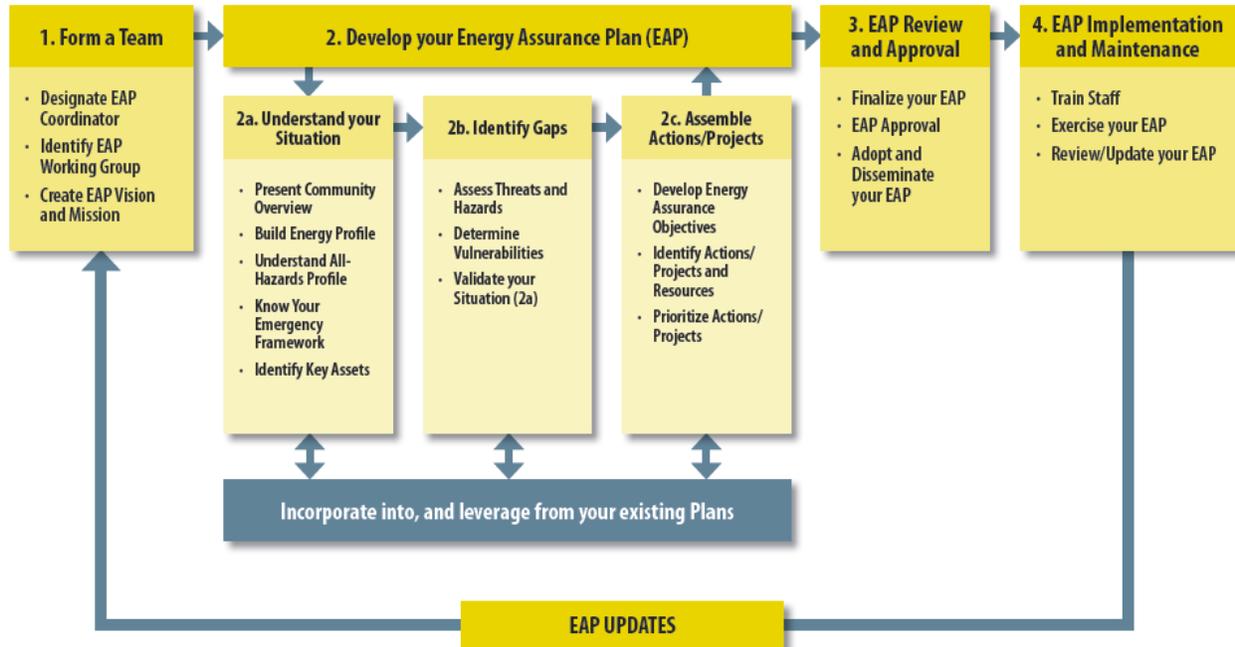


Figura 14-3: Diagrama de flujo de seguridad energética desarrollado por CaLEAP
[Fuente: CaLEAP 2015]

La duración para restaurar el servicio eléctrico es una métrica tradicional de la confiabilidad de la red. De forma similar, la capacidad de la red para atravesar incidentes menores o evitar cortes dominó ya se considera dentro de las métricas de confiabilidad de la red existentes. Si bien existen estas métricas, como el Índice de Duración de Interrupciones Promedio del Sistema (SAIDI, por sus siglas en inglés), el Índice de Duración de Interrupciones Promedio del Cliente (CAIDI, por sus siglas en inglés), el Índice de Frecuencia de Interrupciones Promedio del sistema (SAIFI, por sus siglas en inglés), el Índice de Frecuencia de Interrupciones Promedio del Cliente (CAIFI, por sus siglas en inglés), entre otros, la mayoría de las métricas de confiabilidad se establece para condiciones de funcionamiento normales. Las normas que definen estos índices específicamente excluyen las tormentas y los eventos más importantes.

Además, las métricas no distinguen entre los tipos de clientes (residencial, comercial, industrial), ni su relación con las funciones críticas (hospitales, policía y bomberos, etc.). Las comunidades y los proveedores de servicios públicos pueden utilizar tablas de objetivos de desempeño, como los de la Sección 14.3, para establecer objetivos para los tiempos de recuperación durante los eventos peligrosos. Sin embargo, también se pueden utilizar estas tablas para determinar el desempeño previsto de la infraestructura (es decir, la “X” en las tablas de los objetivos de desempeño) para un evento determinado. La comunidad o empresa de servicios públicos luego puede definir las brechas de resiliencia (es decir, la diferencia entre el 90% y X en las tablas de los objetivos de desempeño) y priorizar soluciones para mejorar la resiliencia del sistema de infraestructura de energía.

20.6.2. Soluciones para construcciones futuras

En general, al momento de identificar los equipos y demás componentes dentro del sistema de energía, uno de los criterios de calificación debe enfocarse en la resiliencia. Al evaluar los diferentes proveedores y componentes del sistema, verifique sus historiales y referencias y colabore con los demás.

Soluciones de construcción. Existen varias soluciones de construcción que podrían ayudar a mejorar la resiliencia de la infraestructura de energía frente a los eventos peligrosos, y son las siguientes:

- Fortalecer y reforzar las líneas críticas que conducen a los centros de población u otras cargas críticas. Por ejemplo, añadir refuerzos a las líneas que dan servicio a los hospitales o las estaciones de bomberos las hace más resilientes al viento, al hielo y a las cargas de las ramas.
- Establecer normas de profundidad de poste según las condiciones del suelo para las alturas de los postes. Asegurar que se planten los postes a la profundidad adecuada y que los cimientos soporten las cargas.
- Determinar la capacidad de los postes y no sobrecargarlos con equipos adicionales.
- Considerar el uso de las normas de edificación de Grado B de NESC [IEEE 2012] para las líneas de distribución críticas. Este grado de construcción se utiliza comúnmente en la industria de servicios públicos y las encuestas de servicios públicos muestran que el uso de Grado B es una solución de construcción popular y efectiva.
- Considerar la colocación subterránea de líneas y componentes del sistema. Existen ventajas y desventajas de la colocación subterránea. Los sistemas subterráneos son menos vulnerables al clima, los incendios y los peligros provocados por los humanos, pero no a los peligros de inundaciones ni terremotos. Son más costosos de construir y reparar. Para un evento como el huracán Sandy o las tormentas de hielo de 2012 y 2013, los cables subterráneos podrían haber reducido en gran medida la cantidad de daños y los tiempos de restauración. Para un terremoto en California, podría tener el efecto contrario en algunos lugares.
- Considerar los sistemas de voltaje medio aéreo cubierto (CAMV). Este equipo se conecta a los postes y a los cables aéreos para agregar fuerza y estabilidad a los cables. La estabilidad agregada hace que la red de distribución sea más resiliente al contacto con árboles y escombros y se utiliza especialmente en derechos de paso angostos con grandes concentraciones de árboles.
- Proporcionar servicio redundante a los edificios críticos con la generación local o una línea independiente.
- Otras posibles soluciones incluyen varias configuraciones de líneas de postes que pueden ayudar a minimizar los esfuerzos de restauración.
- Considerar elevar los equipos aéreos para reducir los daños causados por los incendios forestales.
- En zonas propensas a incendios, considerar el uso de concreto, acero pesado u otros materiales y estructuras no inflamables y resistentes a la deformación para los conductores y los equipos aéreos. Esto mejora el desempeño de los postes y las líneas, pero es necesario que se ubiquen lejos de los derechos de paso de las carreteras para reducir la probabilidad de impactos de los automóviles.

Soluciones administrativas. Algunas posibles soluciones administrativas para mejorar la resiliencia de la infraestructura de energía frente a los eventos peligrosos incluyen las siguientes:

- Podar los árboles y otras posibles obstrucciones dentro del derecho de paso. Cumplir con las reglas y directrices de NESC, FAC y EPRI sobre el manejo de la vegetación.
- Utilizar equipos sumergibles en las subestaciones subterráneas.
- Minimizar la cantidad de empalmes en los conductores y conductos que los transportan. Cuando sea posible, colocar los empalmes en los conductores y conductos lo más lejos posible de la red de agua y en lugares de fácil acceso. Nota: en zonas de lluvia de gran volumen, los desagües pluviales pueden ser un problema tan importante como las tuberías de agua.

- Considerar el uso de cables de aislamiento de paredes pesadas (p. ej., cables tipo TC y tipo MC). Los cables de aislamiento de paredes pesadas son más resistentes a los daños físicos y a la humedad y proporcionan una mejor resiliencia a las condiciones climáticas severas.

Infraestructura eléctrica en edificios. Específicamente para la infraestructura de energía de los edificios, el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción [NIBS 2015] recomienda que, durante el diseño de las instalaciones o el proceso de reacondicionamiento, los proyectos de construcción tengan una perspectiva integral e integrada que busque minimizar la cantidad de energía que se debe suministrar y proporcione métodos de control que puedan asignar más fácilmente el suministro disponible según sea apropiado para el modo de funcionamiento requerido de un edificio en un momento dado. La organización CaLEAP [2015] identificó las recomendaciones adicionales para los propietarios de edificios y comercios minoristas para facilitar un alto grado de gestión local e inteligente de la energía que pueda aprovechar los recursos distribuidos, incluidas las siguientes:

- Asegurar que los circuitos de emergencia, de seguridad, de alta prioridad y generales del edificio estén bien separados en el diseño del cableado del edificio y en la disposición de los paneles de los disyuntores.
- Asegurar que los sistemas de automatización de edificios aprovechen la agrupación de cargas separadas mencionada anteriormente, que se basen en normas (p. ej., BACNet) y que puedan aceptar las señales de control de carga de servicios públicos (p. ej., OpenADR).
- Las instalaciones comunitarias clave necesarias para asegurar la continuidad socioeconómica sin capacidad de generación de respaldo interno están configuradas para permitir una conexión fácil y segura a la generación móvil externa (p. ej., a través de conectores estandarizados en la entrada de servicio exterior).

20.6.3. Soluciones para las construcciones existentes

La mayoría de las ideas para nuevas construcciones también se pueden aplicar a las soluciones de construcción existentes. Sin embargo, en las nuevas construcciones, existe un gran conjunto de oportunidades para la eficiencia y la resiliencia energética.

En general, al momento de reemplazar los equipos y demás componentes en un sistema de energía, se debe considerar cada componente y, en caso de disponer de mejores elecciones, las comunidades y los operadores propietarios deben realizar mejoras cuando sea posible.

Soluciones de construcción. La siguiente solución puede ser útil para mejorar la resiliencia de los sistemas de infraestructura existentes:

- Diseñar los reacondicionamientos para los eventos de peligro de diseño mediante la aplicación de normas de diseño y construcción que ya existen, pero que posiblemente no hayan sido adoptadas en la industria de servicios públicos.
- Fortalecer y reforzar las líneas críticas que conducen a los centros de población u otras cargas críticas.
- Realizar una evaluación de carga para asegurar que el poste no esté sobrecargado cuando se agreguen nuevos equipos.
- Considerar los sistemas de voltaje medio aéreo cubierto (CAMV).
- Considerar el reemplazo de las líneas aéreas por sistemas subterráneos.
- Considerar elevar los equipos aéreos para reducir los daños causados por los incendios forestales.

- Proporcionar servicio redundante a los edificios críticos con la generación local o una línea independiente.
- Asegurarse de que se conozcan los tipos de suelo y las propiedades de aislamiento de estos al momento de enterrar una línea.
- Realizar inspecciones regulares en los postes para detectar cargas excesivas, corrosión o deterioro y verificar la estabilidad de los postes y los cimientos. Si hay corrosión sobre la base o el poste está inclinado, agregar cables guía o restaurar/reemplazar el poste.
- Considerar el uso de cables de aislamiento de paredes pesadas, cables tipo TC y tipo MC. La conexión a tierra adecuada y las inspecciones de los equipos de conexión a tierra minimizan en gran medida la posibilidad de que se produzcan incendios en los transformadores a causa de rayos.
- Instalar y mantener pararrayos u otros equipos en la red de distribución para minimizar la zona que pueda verse afectada por un solo rayo.
- Reacondicionar la construcción existente, en el medidor del usuario, con conectores de soporte de generación externa. Si una instalación existente considera la posibilidad de agregar cualquier forma de sistemas de autogeneración, considerar la posibilidad de mejorar los circuitos del edificio al mismo tiempo para separar los tipos de carga.
- Considerar el uso de la Emergency Power Facility Assessment Tool (EPFAT) [Herramienta de evaluación de instalaciones de energía de emergencia] de USACE, que permite que las entidades públicas introduzcan los requisitos del generador y de la lista de materiales para agilizar los servicios temporales de apoyo a la instalación eléctrica.

Soluciones administrativas. En muchos casos, se puede lograr con facilidad la mejora de la resiliencia de infraestructura existente mediante soluciones administrativas. Algunas posibles soluciones administrativas para mejorar la resiliencia de la infraestructura de energía existente incluyen las siguientes:

- Podar los árboles y otras posibles obstrucciones dentro del derecho de paso.
- Realizar inspecciones regulares en la línea.
- Inspeccionar los empalmes y los equipos subterráneos de manera programada para asegurarse de que estén intactos los sellos y la capacidad de impermeabilidad.
- Tener a disposición una reserva adecuada de repuestos (postes, transformadores, líneas, etc.) para utilizar en las zonas propensas a los incendios y no utilizarlas para trabajos de rutina.
- En lo posible, desconectar la energía antes de que los incendios forestales lleguen a la línea. Esto permite que se enfríen los equipos y las líneas y puede evitar que el sistema sufra más daños. Si se han evacuado a las personas, desconectar la energía antes de que los incendios lleguen a la zona y permitir que se enfríen los equipos. Esta acción proactiva también puede evitar que se inicien incendios si se cae una línea eléctrica o si el equipo se recalienta.
- Establecer acuerdos de ayuda mutua. El Edison Electric Institute (EEI) y sus miembros han implementado un programa de ayuda mutua voluntaria para servicios públicos de inversiones privadas (IOU) que les permite a las empresas de servicios públicos solicitar y coordinar el apoyo de otras empresas de su región no afectadas por un evento importante [EEI 2014].

La Asociación Americana de Energía Pública (APPA, por sus siglas en inglés) tiene un proceso de ayuda mutua similar para facilitar la coordinación regional. Como EEI, la APPA ha definido procedimientos para coordinar la ayuda mutua [APPA 2015]. También se incluyen a las Cooperativas Eléctricas Rurales en este proceso de ayuda mutua a través de un acuerdo entre la APPA y la Asociación Nacional de Cooperativas Eléctricas Rurales [NRECA 2015].

Aunque existen procesos entre las empresas de servicios públicos para proporcionar ayuda mutua, no siempre están bien definidas las relaciones entre las comunidades locales y las demás agencias involucradas. Los grupos locales de planificación de resiliencia pueden coordinarse con su empresa de servicios públicos local y tomar conciencia sobre los procesos de ayuda mutua en su región, de modo que se puedan hacer estimaciones realistas de los recursos y del tiempo de restauración.

20.7. Referencias

Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA 2005) *Draft Guideline for Assessing the Performance of Oil and Natural Gas Pipeline Systems in Natural Hazard and Human Threat Events*, Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA), Washington, DC,

<http://www.americanlifelinesalliance.com/pdf/PipeguideFinalPosted061705.pdf>.

Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA 2006) *Power Systems, Water, Transportation and Communications Lifeline Interdependencies*, proyecto de informe de la Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA) a la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) y al Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS), Washington, DC, March,

<http://www.cimap.vt.edu/sites/www.cimap.vt.edu/files/docs/ALA%20Lifeline%20Report%20Final%20Draft%20030606.pdf>.

Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI 2008) *ANSI O5.1: Wood Poles – Specifications and Dimensions*, Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), Nueva York, NY.

Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI 2013) *ANSI C29.1: Test Methods for Electrical Power Insulators*, Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), Rosslyn, VA.

Asociación Americana de Energía Pública (APPA 2015) *Public Power's Mutual Aid Network: Electric Utilities Helping One another for Disaster Response and Recovery*, Arlington, VA,

<http://appanet.files.cms-plus.com/PDFs/Mutual%20Aid%20Playbook%20Executive%20Summary.pdf>.
Visitado el 20 de abril de 2015.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 1998) *ASCE 7-98: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2005) *ASCE 7-05: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2008) *ASCE Manual 113: Substation Structure Design Guide*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles(ASCE), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2010) *ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Segunda Edición, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2013) *2013 Report Card for America's Infrastructure*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA,

<http://www.infrastructurereportcard.org/>.

Andrews, E.; M.A. Lazurus; y J. Aliberti (2013) *Community Resilience: Reliable Back-up Power*, Centro para la Sostenibilidad de la Universidad de Saint Louis, 2013 SDRC.

[https://www.slu.edu/Documents/sustainability/SDRC/2013 SDRC Presentations/2013 SDRC Aliberti John.pptx](https://www.slu.edu/Documents/sustainability/SDRC/2013%20SDRC%20Presentations/2013%20SDRC%20Aliberti%20John.pptx).

Planificación de Seguridad Energética Local de California (CaLEAP 2015) <http://www.caleap.org/>. Visitado el 19 de abril de 2015.

Clark, Tony y Robin Z. Meidhof (2013) “Ensuring Reliability and a Fair Energy Marketplace,” *Energy Innovation Series and Sixth Annual Schultz Lecture*, Universidad del Colorado, Boulder, CO, 22 de octubre de 2013, <https://www.ferc.gov/media/statements-speeches/clark/2014/07-02-14-clark.pdf>.

Departamento de Energía (DOE 2013) *Comparing the Impacts of Northeast Hurricanes on Energy Infrastructure*, Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), Washington, DC.

Departamento de Energía (DOE 2015) *Energy Assurance*, Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), Washington, DC, <http://energy.gov/oe/services/energy-assurance>. Visitado el 19 de abril de 2015.

Edison Electrical Institute (EEI 2014) *Understanding the Electric Power Industry’s Response and Restoration Process*, Edison Electrical Institute (EEI), Washington, DC.

Edison Electrical Institute (EEI 2015) *Transmission Projects: At a Glance*, Edison Electrical Institute (EEI), Washington, DC.

Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI 2013) *Enhancing Distribution Resiliency: Opportunities for Applying Innovative Technologies*, Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), Palo Alto, CA.

Ley de Política Energética (EPAct 2005) *Energy Policy Act of 2005*, 109th Congress, Washington, DC.

Oficina Ejecutiva del Presidente (EOP 2013) *Economic Benefits of Increasing Electric Grid Resilience to Weather Outages*, Oficina Ejecutiva del Presidente, Washington, DC.

Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC 2011) *Order 1000: Transmission Planning and Cost Allocation by Transmission Owning and Operating Public Utilities*, Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC), Washington, DC, <http://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/trans-plan.asp>.

Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC 2013) *Tree Trimming & Vegetation Management*, Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC), Washington, DC, <http://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/reliability/vegetation-mgt.asp>. Visitado el 20 de abril de 2015. FERC.

Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC 2015) *FERC - Federal Energy Regulatory Commission: What FERC Does*, Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC), Washington, DC, <http://www.ferc.gov/about/ferc-does.asp>. Visitado el 8 de abril de 2015.

Comisión Federal Reguladora de Energía y North American Electric Reliability Corporation (FERC/NERC 2011) *Report on Outages and Curtailments During the Southwest Cold Weather Event of February 1-5, 2011: Causes and Recommendations*, Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) y North American Electric Reliability Corporation (NERC), Washington, DC, <https://www.ferc.gov/legal/staff-reports/08-16-11-report.pdf>.

Ley Federal de Energía (1920) *Federal Power Act: The Act of June 10, 1920, Chapter 285*, <https://legcounsel.house.gov/Comps/Federal%20Power%20Act.pdf>.

Comisión de Servicios Públicos de Florida (2007) *Report to the Legislature on Enhancing the Reliability of Florida’s Distribution and Transmission Grids During Extreme Weather*, Comisión de Servicios Públicos de Florida, FL, <http://www.psc.state.fl.us/publications/pdf/electricgas/stormhardening2007.pdf>.

Asociación de Energía de Celdas de Combustible e Hidrógeno (2014) “Resiliency of Stationary Fuel Cells and the Natural Gas Grid,” *WBDG: a Program of the National Institute of Building Sciences*, Washington, DC.

Hampson, A.; T. Bourgeois; G. Dillingham; y I. Panzarella (2013) *Combined Heat and Power: Enabling Resilient Energy Infrastructure for Critical Facilities*, ONRL/TM-2013/100, Oak Ridge National Laboratory (ORNL).

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE 1995) *Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications*, norma de IEEE, 446-1995.

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE 2002) *National Electrical Safety Code*, IEEE, Nueva York, NY.

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE 2009) *IEEE Standards 1613, Standard Environmental and Testing Requirements for Communications Networking Devices Installed in Electric Power Substations*, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), Nueva York, NY.

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE 2012) *National Electrical Safety Code*, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), Nueva York, NY.

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE 2015) *History of the National Electrical Safety Code ANSI C2*, <http://standards.ieee.org/about/nesc/100/>. Visitado el 26 de enero de 2015.

Consejo Internacional de Códigos (ICC 2014) *ICC 2014: Standard for the Design and Construction of Storm Shelters*, Consejo Internacional de Códigos (ICC), Washington, DC.

Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 2013) *Communication Networks and Systems in Substations – Part 3: General Requirements*, Comisión Electrotécnica Internacional. Ginebra, Suiza.

Keogh, Miles y Cody, Christina (2013) *Resilience in Regulated Utilities*, Asociación Nacional de Comisionados de Servicios Públicos (NARUC) Departamento de Subsidios e Investigación, con el apoyo de Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), Noviembre, http://www.naruc.org/Grants/Documents/Resilience%20in%20Regulated%20Utilities%20ONLINE%201_12.pdf.

McDonough, P. W (2013) *Post-Earthquake Checklist for Natural Gas Systems*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles.

Nadeau, J. P (2007) *Improving the Resiliency of the Natural Gas Supply and Distribution Network*, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, Marzo, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a467387.pdf>.

Asociación Nacional de Funcionarios Estatales de Energía (NASEO 2009) *State Energy Assurance Guidelines*, Versión 3.1, Asociación Nacional de Funcionarios Estatales de Energía (NASEO), Arlington, VA.

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA 2013a) *NFPA 110: Standard for Emergency and Standby Power Systems*, Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), Quincy, MA.

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA 2013b) *NFPA 111: Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems*, Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), Quincy, MA.

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA 2014) *NFPA 70: The National Electrical Code*, Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), Quincy, MA.

Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS 2015) “Optimize Energy Use Whole Building Design Guide,” *WBDG: a Program of the National Institute of Building Sciences*, Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS), Washington, DC, http://www.wbdg.org/design/minimize_consumption.php. Visitado el 18 de abril de 2015.

- Instituto National de Normas y Tecnología (NIST 2014) *NIST Special Publication 1108R2: NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards*, versión 3.0, Instituto National de Normas y Tecnología (NIST), Gaithersburg, MD.
- Asociación Nacional de Cooperativas Eléctricas Rurales (NRECA 2015) *APPA/NRECA Mutual Aid Agreement*, Asociación Nacional de Cooperativas Eléctricas Rurales (NRECA), Arlington, VA, http://www.mpua.org/lib/files/appa_fema_mutual_aid_agrmt.pdf. Visitado el 20 de abril de 2015.
- Oficina de Manejo de Emergencias de Nueva Jersey (NJOEM 2014) *Retail Fuel Station Energy Resiliency Program*, Oficina de Manejo de Emergencias de Nueva Jersey, <http://www.ready.nj.gov/programs/retail-fuel-station.html>.
- NextEra Energy, Inc. (2013) *FPL Inspects One-Millionth Pole as Part of Storm and Reliability Preparations*, NextEra Energy, Inc., FL.
- Consejo de Confiabilidad Eléctrica de América del Norte (NERC 2015a) “Vegetation Management: Vegetation Management Grow-In Data,” *NERC: North American Electric Reliability Corporation*, <http://www.nerc.com/pa/RAPA/PA/Pages/VegetationManagement.aspx>. Visitado el 20 de abril.
- Consejo de Confiabilidad Eléctrica de América del Norte (NERC 2015b) *NERC: North American Electric Reliability Corporation*, <http://www.nerc.com>. Visitado el 8 de abril de 2015.
- Oficina del Gobernador Martin O’Malley (2012) *Weathering the Storm: Report of the Grid Resiliency Task Force*, Oficina del Gobernador Martin O’Malley.
- Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregon (OSSPAC 2013) Plan de Resiliencia de Oregon, Salem, Oregon.
- Pentland, William (2013) *Rethinking Grid Resilience: Are we Gold Plating the Electric Grid?* 11 de octubre, <http://www.forbes.com/sites/williampentland/2013/10/18/rethinking-grid-resilience-are-we-gold-plating-the-electric-grid/>.
- PPD-21 (2013) Directiva presidencial de política/PPD-21, la Casa Blanca, 12 de febrero, 2013, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil>.
- PPD-8 (2011) Directiva presidencial de política, PPD-8 – preparación nacional, la Casa Blanca, 30 de marzo, 2011, <http://www.dhs.gov/presidential-policy-directive-8-national-preparedness>.
- Grupo de Empresas de Servicios Públicos (PSEG 2014) *Resiliency Matters for an Energy Strong Future*, New Jersey, <https://www.pseg.com/info/media/advertorial/pdf/2013/resiliency.pdf>. Visitado el 18 de abril de 2015.
- San Diego Union-Tribune (SDUT 2007) *Power Lines Cited as Cause of Largest Wildfires*. <http://legacy.utsandiego.com/news/metro/20071116-1750-bn16cause2.html>. Visitado el 27 de julio de 2013.
- Panel de Interoperabilidad de Redes Inteligentes (SGIP 2015) *Catalog of Standards Quick Table*, <http://www.sqip.org/Catalog-of-Standards-Quick-Table>.
- Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco, (SPUR 2009) *The Resilient City: What San Francisco Needs from its Seismic Mitigation Policies*, Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco (SPUR), San Francisco, CA.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE 2015) *Welcome to Emergency Power Facility Assessment Tool*, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE) Fort Worth District, <http://epfat.swf.usace.army.mil/>. Visitado el 18 de abril de 2015.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA 2003) *Rural Utilities Services Bulletin 1724E-154: Distribution Conductor Clearances and Span Limitations*, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Washington, DC.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA 2014) *Rural Utilities Service Bulletin 1724E-150: Unguyed Distribution Poles – Strength Requirements*, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Washington, DC.

Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA 2015) *Drivers of U.S. Household Energy Consumption, 1980-2009*, Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), Washington, DC.

Administración de Información Energética de Estados Unidos (USEIA 2009) *Residential Energy Consumption Survey: Space Heating by Type of Housing Unit (HC6.1)*, Administración de Información Energética de Estados Unidos (USEIA), <http://www.eia.gov/consumption/residential/data/2009/index.cfm#undefined>.

Administración de Información Energética de Estados Unidos (USEIA 2014a) *High cost, oil-fired generation crates potential for shift in Hawaiian electric sources*, Administración de Información Energética de Estados Unidos (USEIA), <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=15091>.

Administración de Información Energética de Estados Unidos (USEIA 2014b) *U.S. Percent Utilization of Refinery Operable Capacity*, Administración de Información Energética de Estados Unidos (USEIA), <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=MOPUEUS2&f=A>.

21. Sistemas de comunicación

22. Resumen ejecutivo de los sistemas de comunicación

La Directiva Política Presidencial-21 [2013] identifica “los sistemas de energía y comunicaciones como excepcionalmente críticos debido a las funciones habilitadoras que proporcionan en todos los sectores de infraestructura crítica”. Los sistemas de comunicación evolucionan constantemente con los rápidos cambios en la tecnología, el aumento de la demanda y las expectativas del consumidor y una mayor dependencia en otros sistemas de infraestructura, sobre todo de los sistemas de energía.

Se utilizan a diario varios medios de comunicación bidireccional (teléfono fijo, sistemas de telefonía celular/móvil, Internet, incluida la voz sobre protocolo internet [VoIP, por sus siglas en inglés]) y la comunicación unidireccional (cable, transmisión). Además, se suele depender de ellos luego de un evento peligroso. Durante los eventos peligrosos y luego de estos, la capacidad para comunicarse con los grupos de respuesta ante emergencias mediante el 9-1-1 es crítica. Sin embargo, los sistemas de comunicación han experimentado perturbaciones prolongadas en el servicio debido a las fallas de los componentes de infraestructura física que respaldan estos servicios o debido al aumento de la demanda que excede la capacidad del sistema de infraestructura.

Los sistemas de infraestructura de las comunicaciones pueden fallar de muchas formas, como lo demostraron los eventos del huracán Sandy, el fenómeno meteorológico “derecho” de 2012 en la región de la Capital Nacional y la tormenta de hielo de 2009 en Kentucky. Los daños físicos, las inundaciones o el derribo de equipos críticos, junto con las fallas de otros sistemas de infraestructura (p. ej., energía eléctrica, agua, transporte) pueden generar fallas dominó de perturbaciones del servicio de infraestructura de las comunicaciones. El hielo, los árboles caídos y los escombros pueden hacer que las rutas de transporte se vuelvan intransitables temporalmente, lo que ralentiza el acceso de los equipos de reparación a lugares de celdas inoperables y otros componentes. Proporcionar energía de reserva adecuada cuando se perturba la energía eléctrica externa es uno de los mayores desafíos que enfrentan los proveedores de servicio. Las comunidades pueden trabajar con los proveedores de servicio y otras partes interesadas para dar prioridad dónde se necesita más el servicio antes de que ocurra un evento peligroso.

Las comunidades deben usar el proceso de seis pasos de esta Guía para crear un equipo de partes interesadas que puedan establecer y lograr objetivos de desempeño para la infraestructura de las comunicaciones como parte de un esfuerzo de planificación de resiliencia comunitaria más amplia. Al igual que los esfuerzos de planificación para otros sistemas de infraestructuras, las partes interesadas deben incluir a cada proveedor de servicios que brinda servicios en la comunidad, a los negocios locales, a los representantes de las instalaciones críticas, a los clientes y a los representantes de industrias de las que dependen los sistemas de comunicaciones.

Este capítulo apoya el proceso de planificación de resiliencia de seis pasos al proporcionar la siguiente orientación a las comunidades y sus partes interesadas para que tengan en cuenta: 1) las posibles vulnerabilidades a la infraestructura de las comunicaciones, ilustradas con ejemplos de los daños observados durante los eventos peligrosos pasados; 2) los objetivos de desempeño comunitarios para la infraestructura de las comunicaciones; 3) el desempeño previsto de la infraestructura de las comunicaciones existentes y las brechas de resiliencia y 4) las soluciones de mitigación y recuperación.

Se pueden establecer objetivos de desempeño para cualquier comunidad, tipo de evento de peligro y nivel de peligro. Una vez que se determinen los objetivos de desempeño deseado y el desempeño del sistema previsto, las comunidades pueden trabajar con sus partes interesadas para identificar, priorizar y cerrar las brechas. Por ejemplo, se pueden diseñar centrales telefónicas, puntos de intercambio de Internet y

emplazamientos de celdas para resistir los peligros o se pueden ubicar equipos críticos para reducir la vulnerabilidad a los peligros.

Las comunidades pueden mejorar la seguridad y la comunicación para las instalaciones críticas con los Servicios de Telecomunicaciones de Emergencia Gubernamental o el Servicio Móvil Prioritario para obtener el acceso prioritario luego de un evento peligroso cuando la demanda de los usuarios de llamadas de voz a menudo excede la capacidad. Las comunidades también pueden solicitar la Prioridad de Servicio de Telecomunicaciones ordenada por la FCC para recibir tratamiento de prioridad de restauración de servicio cuando ocurren perturbaciones o para proporcionar líneas adicionales cuando sea necesario. En el proceso de planificación de resiliencia comunitaria, las comunidades deben trabajar con sus partes interesadas, particularmente los proveedores de servicios, para determinar qué estrategias de mitigación y recuperación serán más eficaces para que puedan adquirir mayor resiliencia y alcanzar sus objetivos de desempeño.

22.1. Introducción

Los sistemas de comunicación son una parte integral del funcionamiento de nuestra sociedad, incluida la amplia dependencia social de los dispositivos móviles e Internet para la comunicación. Las personas utilizan computadoras, teléfonos inteligentes y tabletas para leer las noticias y mirar películas y programas de televisión.

Los sistemas de comunicación desempeñan un papel fundamental durante un evento peligroso o después de este. Los ciudadanos de la comunidad dependen de los sistemas de comunicación (teléfono fijo, sistemas de telefonía móvil/celular, Internet/VoIP, televisión por cable y transmisión) para estar informados y para comunicarse con sus seres queridos, escuelas, empleados, negocios, proveedores de cuidado de salud y grupos de respuesta ante emergencias. Además, el gobierno y otras agencias públicas difunden información al público a través de sistemas de comunicación unidireccional (transmisiones y cable).

Desafortunadamente, los sistemas de comunicación han fallado de muchas maneras en eventos peligrosos anteriores. Los daños físicos a la infraestructura y a los equipos críticos y las fallas de los sistemas de infraestructura dependientes (p. ej., energía eléctrica y transporte) han provocado perturbaciones del servicio. El aumento de la demanda de servicios de comunicación por parte de los usuarios después de los eventos peligrosos también puede generar perturbaciones del servicio debido al exceso de capacidad del sistema existente.

Para abordar la resiliencia de la infraestructura de las comunicaciones, las comunidades deben utilizar el proceso de seis pasos de la Guía para crear un equipo de partes interesadas, que incluye los proveedores de servicio, los representantes de las instalaciones críticas, los negocios locales y los representantes de sistemas interdependientes.

Este capítulo proporciona orientación para apoyar el proceso de planificación de resiliencia de seis pasos sobre los siguientes temas: 1) las posibles vulnerabilidades a la infraestructura de las comunicaciones con ejemplos de los daños observados durante los eventos peligrosos pasados; 2) los objetivos de desempeño comunitarios para la infraestructura de las comunicaciones; 3) el desempeño previsto de la infraestructura de las comunicaciones existentes y las brechas de resiliencia y 4) las soluciones de mitigación y recuperación. Algunas soluciones pueden incluir alternativas a los métodos de comunicaciones existentes que permiten medidas temporales para proporcionar servicios mientras se llevan a cabo soluciones permanentes.

La Tabla 15-1 (página) presenta un ejemplo de tabla de objetivos de desempeño a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas. Se utiliza el ejemplo para ilustrar el proceso por el cual una comunidad y sus partes interesadas pueden establecer objetivos de desempeño, evaluar el desempeño previsto de los sistemas de infraestructura de las comunicaciones existentes, identificar las brechas de

resiliencia y dar prioridad a las actualizaciones para mejorar la resiliencia de la red. Aunque existen muchas opciones para mejorar la resiliencia del sistema de infraestructura de las comunicaciones, las comunidades deben trabajar directamente con los proveedores de servicio para identificar sus prioridades y determinar las mejores soluciones para lograr los objetivos de desempeño.

22.1.1. Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales

Tal como se discute en el Capítulo 10, las necesidades sociales de las comunidades impulsan los objetivos de desempeño que cada comunidad y sus partes interesadas definirán. Las necesidades sociales de la comunidad incluyen las de las personas, las empresas (tanto pequeñas/locales como grandes/multinacionales), la industria y el gobierno. Por ejemplo, el sistema bancario necesita Internet para las transacciones financieras, la transferencia de documentos entre empresas y el correo electrónico como principal medio de comunicación. Cuando la Internet no se encuentra disponible, afecta de forma directa al comercio y se reduce la producción económica.

Cada comunidad debe definir sus objetivos de desempeño en función del tiempo que le lleva recuperar su infraestructura crítica después de un evento peligroso para tres niveles del evento: de rutina, de diseño y extremo, tal como se define en el Capítulo 4 (Volumen 1).

La comunidad tiene necesidades de recuperación a corto (de 0 a 3 días), medio (de 1 a 12 semanas) y largo plazo (de 4 a 36 meses o más). Específicamente en los sistemas de comunicación, las comunidades normalmente piensan en las necesidades de recuperación a corto plazo (de 0 a 3 días) en función de la respuesta ante emergencias y los objetivos de gestión, que incluyen las siguientes:

- Transmisión al público de información sobre emergencias y seguridad.
- Coordinación de los planes de recuperación entre los grupos de primera respuesta y los líderes comunitarios.
- Comunicación entre la población civil y los grupos de respuesta ante emergencias mediante el 9-1-1.
- Comunicación entre los familiares y los seres queridos para comprobar la seguridad de cada uno.
- Continuación del funcionamiento de las redes de respuesta ante emergencias privadas que apoyan la recuperación de la comunidad.

Aunque llegar a los familiares es una prioridad alta, las comunidades pueden aceptar enfocarse en sus necesidades sociales sobre las instalaciones críticas para que los familiares puedan comunicarse con los grupos de respuesta ante emergencias mediante el 9-1-1. Sin embargo, al abordar la resiliencia, las comunidades también deben pensar en el largo plazo y mejorar el desempeño del entorno construido siempre que sea posible en la preparación para el próximo evento peligroso. Las necesidades de infraestructura de las comunicaciones a medio (de 1 a 12 semanas) y largo plazo (de 4 a 36 meses) de las comunidades incluyen las siguientes:

- Capacidad para comunicarse con empleados, escuelas y otros aspectos de la vida diaria de las personas.
- Restablecimiento de las operaciones de comunicación de datos y voz de los negocios, los bancos, etc., para reanudar el comercio y dar servicio a los clientes.
- Restauración, reacondicionamiento y mejora de los componentes de infraestructura para evitar que fallen de la misma manera durante eventos futuros (es decir, implementar cambios para hacer que la infraestructura sea más resiliente).

22.1.2. Disponibilidad, confiabilidad y resiliencia

La disponibilidad y la confiabilidad son términos que suelen utilizar las industrias cuando se refieren a las redes de comunicaciones.

La disponibilidad hace referencia a la cantidad o el porcentaje del tiempo que un sistema de comunicaciones es accesible para su uso. Las mejores redes de comunicaciones tienen una disponibilidad del 99 999%, lo que se conoce como “disponibilidad de los cinco 9” [CPNI 2006]. Esto indica que una red de comunicaciones no estaría disponible durante solo unos cinco minutos al año. La disponibilidad impulsa la industria de las comunicaciones y, por lo tanto, los proveedores de servicio invierten continuamente para mejorar sus sistemas.

La confiabilidad es la probabilidad de realizar con éxito una función prevista en un período de tiempo determinado [Departamento del Ejército 2007], que se mide como la frecuencia del tiempo de inactividad. Aunque la confiabilidad y la disponibilidad se relacionan, son diferentes. Una red de comunicaciones puede tener una amplia disponibilidad, con muchos tiempos de inactividad cortos o fallos durante un año. Se reduce la confiabilidad de la red durante ese período de un año debido a las perturbaciones en el servicio (es decir, mayor frecuencia de fallas en el servicio).

La resiliencia incluye la capacidad de un sistema para prepararse para los peligros previstos, adaptarse a las condiciones variables y resistir las perturbaciones, y recuperarse de estas con rapidez. Es posible que la recuperación de un evento peligroso incluya planes para reconstruir la infraestructura para mejorar el desempeño. Por consiguiente, al aumentar la resiliencia de la infraestructura de las comunicaciones en la reconstrucción, se puede mejorar la disponibilidad (cantidad de tiempo de inactividad) y la confiabilidad de la red (frecuencia de tiempo de inactividad).

La capacidad de una red de comunicaciones es el volumen de las llamadas, los mensajes de textos y otras transmisiones que pueden transmitirse de manera confiable. Luego de los eventos peligrosos, existe un aumento en la demanda de los sistemas de comunicación [Jrad et al. 2005 y 2006]. A veces, el nivel de demanda puede exceder la capacidad del sistema, lo que genera que se bloqueen las llamadas o que las páginas de los sitios web se carguen muy lentamente o no se carguen en absoluto.

Desafortunadamente, la capacidad del sistema no puede aumentarse inmediatamente para los peligros. Durante los eventos peligrosos o inmediatamente después de estos, es posible que los teléfonos celulares o los servicios de Internet, por ejemplo, no funcionen correctamente debido a un volumen de uso superior al normal. Esto sucede más a menudo en zonas densamente pobladas, como la ciudad de Nueva York o alrededor de los refugios de emergencia o las zonas de evacuación.

Por ejemplo, se utilizó al Superdome en Nueva Orleans, LA como un refugio de emergencia durante el huracán Katrina. Aunque se trataba de una instalación excepcionalmente grande utilizada para eventos deportivos y de entretenimiento, tales instalaciones pueden verse desbordadas antes de los eventos peligrosos, durante y después de estos con una afluencia de población civil que busca refugio. Esto resulta en una mayor demanda en la red inalámbrica que da servicio a la instalación. Por lo tanto, es posible que los refugios de emergencia quieran considerar métodos o medios para proporcionar capacidades de comunicación suplementaria durante los eventos peligrosos

Los operadores de las instalaciones críticas y el personal de los grupos de respuesta ante emergencias pueden utilizar medios de comunicación alternativos, como radios bidireccionales o teléfonos satelitales, inmediatamente luego de un evento peligroso. Muchos grupos de primera respuesta utilizan estos sistemas con este fin.

Históricamente, la disponibilidad y confiabilidad de la red del servicio han sido un foco principal para los proveedores de comunicaciones. Sin embargo, debido al aumento de la funcionalidad multiuso de los dispositivos de las comunicaciones móviles (p. ej., teléfonos celulares, dispositivos inteligentes y

tabletas), la resiliencia de la red de comunicaciones también necesita considerar la capacidad de las redes de datos y de voz. Actualmente, se está añadiendo capacidad adicional en la red para respaldar el crecimiento del servicio para las funciones de gran volumen de los dispositivos móviles, tales como compartir fotos y mirar videos o películas. Los cambios en el uso de los consumidores han desafiado la aptitud de los proveedores de servicio para proporcionar la capacidad adecuada de la red durante las condiciones normales de funcionamiento, y las demandas después de los eventos peligrosos a menudo ponen en peligro la capacidad del sistema. Algunos centros del 9-1-1 tienen la posibilidad de recibir fotos, lo que puede exigir más capacidad que una llamada telefónica. Por otro lado, si los centros de llamadas de 9-1-1 pueden recibir mensajes de texto, puede ser una alternativa útil en una emergencia, ya que las transmisiones de texto tienen una demanda reducida de capacidad del sistema.

22.1.3. Dependencias

El Capítulo 11 proporciona información y ejemplos sobre las dependencias entre los sistemas de infraestructura en una comunidad. Específicamente en los sistemas de comunicación, las comunidades deben considerar las siguientes dependencias de otros sistemas de infraestructura y las dependencias de esos sistemas de la red de comunicación:

Energía. El sistema de comunicación depende en gran medida del sistema de energía. En el caso de los servicios tecnológicos actuales, la pérdida de energía eléctrica normalmente da como resultado la pérdida de los servicios de comunicaciones, como las comunicaciones alámbricas (incluido el Internet) y por cable, a menos que el proveedor de servicios y el usuario final tengan energía de reserva. Si las torres celulares tienen energía de reserva, es probable que los teléfonos celulares funcionen hasta que se agote su batería en ausencia de energía de reserva (p. ej., cargador para autos, estación de carga) o hasta que se ponga a disposición una fuente de energía externa.

No es inusual que las líneas de distribución para los servicios de comunicación y de energía eléctrica tengan una ubicación compartida (p. ej., cables que se desplazan a lo largo de los postes de servicios públicos). Estos sistemas pueden fallar al mismo tiempo debido a los factores ambientales, como la caída de árboles que corta ambos tipos de líneas.

A raíz de un evento peligroso en el que se pierde la energía externa, la infraestructura de las comunicaciones y los usuarios finales que apoyan los servicios críticos necesitan suficientes fuentes de energía redundantes para garantizar la continuidad de la funcionalidad. Es posible que se necesiten fuentes de energía para los equipos terminales que se conectan a los sistemas de comunicaciones. Los sistemas de aire acondicionado, las bombas de evacuación de agua, los suministros de energía, los sistemas de seguridad, las redes informáticas y los sistemas SCADA deben permanecer en funcionamiento. Por ejemplo, los sistemas de aire acondicionado, que evitan el sobrecalentamiento de los equipos críticos, no suelen estar conectados a baterías. Los equipos de comunicación críticos se pueden sobrecalentar y apagar si no se dispone de energía de reserva [Kwasinski 2009].



Figura 15-1: Los árboles caídos en las carreteras debido a la tormenta de hielo en Kentucky ralentizaron los esfuerzos de recuperación [Fuente: Comisión de Servicios Públicos de Kentucky 2009]

Transporte. Las carreteras y otras partes del sistema de transporte necesarias durante la recuperación de los sistemas de infraestructura a menudo se vuelven intransitables luego de eventos peligrosos. Los árboles caídos y otros escombros que son consecuencia de eventos de viento fuerte (p. ej., huracanes y tornados), marejadas, inundaciones y tormentas de hielo (consulte la Figura 15-1) pueden evitar o inhibir que el personal de reparación de emergencia llegue a las zonas con infraestructura de las comunicaciones dañada. El reabastecimiento de los generadores de reserva se hace mucho más difícil cuando las carreteras están intransitables. Cuando las comunidades declaran un estado de emergencia, se debe tener muy en cuenta la capacidad para transportar equipos a las zonas afectadas para la restauración. Los permisos de viaje, la limitación de los requisitos de la estación de pesaje y el trabajo con los estados vecinos no afectados por el evento peligroso pueden contribuir a mejorar el tiempo de recuperación.

Los sistemas de transporte necesitan los sistemas de comunicación para despachar al personal de reparación y supervisar el estado de las reparaciones durante la etapa de recuperación. Los semáforos y los centros de transporte también dependen de los sistemas de comunicación. Los semáforos pueden utilizar los sistemas de comunicación para la temporización y sincronización de las señales en verde para asegurar la seguridad y la fluidez del tráfico. Es posible que los centros de transporte necesiten comunicar los horarios del tráfico de pasajeros entrantes y salientes antes o después de un evento peligroso.

Edificios/Instalaciones. Los edificios y las instalaciones (y sus ocupantes) necesitan los sistemas de comunicación para funcionar correctamente. Se pueden utilizar los sistemas de comunicación en los edificios para hacer funcionar ascensores, sistemas de seguridad, sistemas de calefacción e iluminación, sensores para la luz u otras funciones operativas. Los ocupantes dependen de los sistemas de datos en el edificio y de los servicios de telefonía, Internet y correo electrónico.

En centros urbanos grandes, los proveedores de servicio a menudo colocan las antenas o torres celulares en la parte superior de los edificios. Si se daña o derrumba el edificio, puede fallar la torre o se puede interrumpir el servicio.

Agua y aguas residuales. Las empresas de servicios de agua y aguas residuales dependen de los sistemas de comunicación de SCADA para hacer funcionar sus sistemas y utilizan radios o sistemas inalámbricos para comunicarse con el personal y los trabajadores de emergencia en la etapa de recuperación. Si se desconecta la red de comunicación durante un período de tiempo prolongado luego de un evento peligroso, el proceso de recuperación puede demorar más ya que se reduce la coordinación.

De forma similar a la energía, el agua puede ser necesaria para los aspersores y para enfriar los sistemas de los edificios que albergan los equipos críticos para los sistemas de comunicación. También son necesarios los sistemas de agua y aguas residuales para que el personal trabaje en aquellos edificios que albergan los equipos críticos de comunicaciones.

22.2. Infraestructura de la comunicaciones

Esta sección analiza la infraestructura del sistema de comunicación para las centrales telefónicas (Sección 15.2.1), el sistema alámbrico (Sección 15.2.1), inalámbrico (Sección 15.2.2), por cable y de transmisión (Sección 15.2.3) y las comunicaciones de emergencia (Sección 15.2.4). No se aborda la comunicación satelital.

Cada apartado revisa los componentes fundamentales, las posibles vulnerabilidades y las soluciones de mitigación que se utilizaban en el pasado. La Figura 15-2 presenta un resumen de los servicios y las aplicaciones proporcionadas a los clientes por los sistemas de comunicación, así como de las redes centrales y de acceso que respaldan estos servicios. La infraestructura nacional de las comunicaciones consiste en muchos componentes de la red que son propiedad de diferentes empresas que proporcionan distintos servicios, aplicaciones, rutas y conectividad a los sistemas de comunicación. La red central es una parte importante del sistema de comunicación que brinda servicios a los clientes que están conectados a través de una red de acceso. Normalmente, el término red central hace referencia a las instalaciones de comunicación de gran capacidad que conectan los principales nodos. Las redes centrales o troncales proporcionan vías para el intercambio de información entre subredes. Las redes de acceso (es decir, de transmisión, cable, satélite, inalámbricas y alámbricas) conectan los consumidores finales con la red central. En algunos casos, puede que la comunicación comience y finalice en una red de acceso sin necesidad de conectarse a la red central (p. ej., llamada telefónica local dentro de la red alámbrica). Son varios los operadores que operan distintas redes de acceso en todo el país con distintas tecnologías.

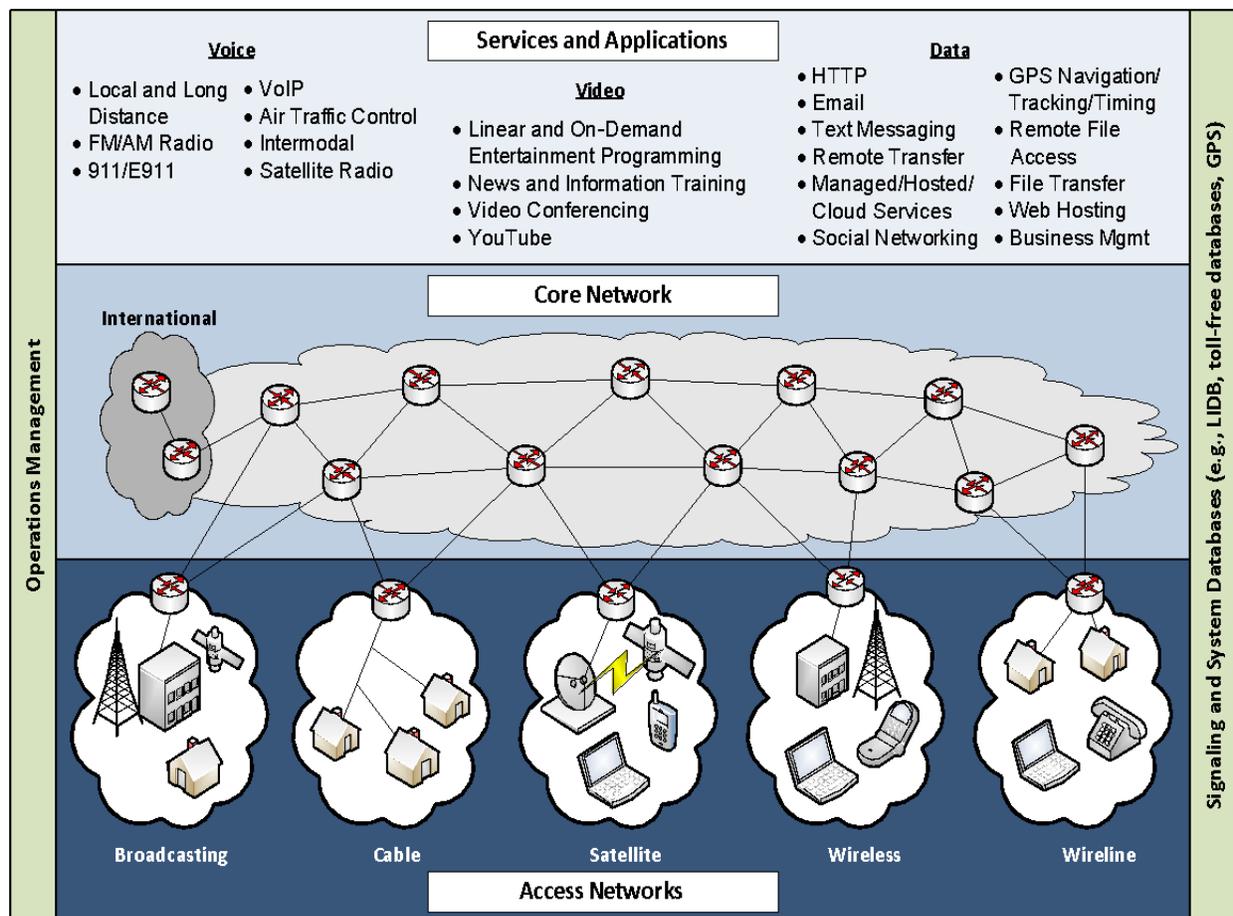


Figura 15-2: Resumen de los servicios y las aplicaciones respaldadas por los sistemas de infraestructura de las comunicaciones (Fuente: [DHS 2008, utilizado con permiso])

22.2.1. Infraestructura central y sistema de cableado

Los sistemas de comunicación dependen de la distribución de energía eléctrica, que a menudo se interrumpe durante un peligro o luego de este. Por lo tanto, es fundamental la energía de reserva confiable para garantizar la continuidad de la funcionalidad del sistema de la red central y de sus usuarios finales.

Excepto para los teléfonos fijos analógicos convencionales (es decir, los teléfonos que no son digitales), los sistemas de telefonía fija funcionan con un suministro eléctrico separado que podría verse afectado por el evento, pero los proveedores de servicio a menudo utilizan su propia energía de reserva para minimizar la perturbación en las ubicaciones de los usuarios finales. Por ende, los teléfonos fijos analógicos suelen ser la opción más resiliente para la comunicación telefónica si la pérdida de energía comercial es el único impacto de un desastre.

22.2.1.1. Centrales Telefónicas y Puntos de Intercambio de Internet (IXP, por sus siglas en inglés)

Las centrales telefónicas, también conocidas como centralitas telefónicas, son edificios que albergan equipos que dirigen y procesan llamadas telefónicas y datos. Estos edificios funcionan como los nodos centrales de los sistemas de comunicación en conjunto (consulte los nodos en la red central en la

Figura 15-2). Es fundamental mantener la funcionalidad de estas instalaciones y sus equipos para recuperarse de manera oportuna de un evento.

Los Puntos de Intercambio de Internet (IXP) les ofrecen a los miembros, incluidos los Proveedores de Servicios de Internet (ISP, por sus siglas en inglés), los proveedores de la red troncal y los proveedores de contenido, la posibilidad de conectar sus redes e intercambiar tráfico directamente [Kende y Hurpy 2012]. Similar en función a las centrales telefónicas, la falla de los IXP puede causar un gran impacto en el suministro de servicios por parte del sistema alámbrico.

Existen tres problemas principales de resiliencia para las centrales telefónicas, y son los siguientes:

- Desempeño de la estructura
- Colocación interior y protección de equipos críticos
- Dependencia de otros servicios

Desempeño de la estructura. El desempeño de las centrales telefónicas es de gran importancia para la continuidad de la función del sistema de comunicación. Por ejemplo, las centrales telefónicas en California pueden estar diseñadas para los eventos de terremotos, mientras que las de la costa este pueden tener que considerar los vientos de los huracanes y las inundaciones, especialmente si se ubican en una llanura aluvial. En vez de proporcionar redundancia de las centrales telefónicas, podrían reacondicionarse los edificios existentes para que puedan resistir mejor los peligros previstos. En casos donde las centrales telefónicas se ubican en edificios antiguos, entre las opciones se incluye la mejora del desempeño de todo el edificio o solo de aquellas secciones que contengan equipos críticos de comunicaciones.

La pérdida de toda una central telefónica afectaría directamente a una gran parte de la red del proveedor de servicios, en particular si no se incorporara ninguna capacidad de redundancia, reserva o restauración en la red de centrales telefónicas. Sin embargo, dichas capacidades se diseñan de forma más rutinaria en las redes modernas de las centrales telefónicas.

Dado que las comunidades son en última instancia responsables de actualizar, hacer cumplir y enmendar los códigos de edificación, es importante que se utilicen los códigos de edificación actuales en el diseño de nuevos edificios para la red de comunicaciones. Se pueden evaluar y reacondicionar o modificar los edificios existentes según sea necesario para asegurar que se protejan los equipos críticos dentro de la estructura y puedan lograr los objetivos de desempeño establecidos por la comunidad.

La importancia de las centrales telefónicas en la red de comunicación indica que deben considerarse para el nivel de desempeño A, seguro y útil, o B, seguro y útil durante la reparación (consulte el Capítulo 12). Como marco de referencia, los edificios de centrales telefónicas se clasifican como edificios de categoría de riesgo III para el diseño estructural en ASCE 7 [2010] debido a su importancia para las operaciones comunitarias. En el Capítulo 12, se describen los niveles de desempeño y las categorías de riesgo para los edificios y los niveles de peligro de diseño asociados (de rutina, de diseño y extremo).

Es importante que el cerramiento del edificio también funcione según lo previsto, ya que la falla del techo, las ventanas o el revestimiento exterior puede permitir que entren grandes cantidades de agua en el edificio y dañar el equipo eléctrico. Históricamente, pocos cerramientos de edificios tuvieron un buen desempeño en los eventos de peligro de diseño.

Colocación y protección de equipos críticos. Para mantener la funcionalidad, es esencial colocar y proteger adecuadamente los equipos críticos de las cargas de peligro y los efectos secundarios. Al igual que los conceptos que se aplican a las centrales telefónicas y a los IXP, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre la colocación y protección de equipos críticos para mantener la funcionalidad, que incluyen:

- Los equipos eléctricos y de emergencia se deben colocar sobre la elevación de una inundación extrema, que la definirá la comunidad (consulte el Capítulo 4, Volumen 1).
- Se deben diseñar y montar los equipos críticos de manera que los temblores no provoquen fallas o pérdidas de funcionamiento.
- Se deben diseñar los equipos críticos de modo que puedan resistir las cargas de peligro extremo que se prevé que ocurran en la comunidad. Los incendios suelen ser posteriores a otros eventos peligrosos.
- Cuando sea posible, deberá proporcionarse energía redundante y de reserva para los equipos críticos.

Las inundaciones producidas por el huracán Sandy dejaron al descubierto las vulnerabilidades en una central telefónica. Se inundaron los generadores y demás equipos eléctricos críticos ubicados en varios niveles del sótano y fallaron debido a la inundación [FEMA 2013].



Figura 15-3: Unidad de energía portátil de reserva grande que se utiliza cuando fallan los generadores del sótano [Fuente: FEMA 2013]

Si es posible que ocurran eventos peligrosos antes de que se puedan implementar planes de remediación o reubicación y los sistemas de energía de reserva corren el riesgo de fallar, una comunidad puede desarrollar planes más inmediatos para usar unidades portátiles para volver a poner en funcionamiento las instalaciones hasta que se restablezca la energía eléctrica. Por ejemplo, la Figura 15-3 muestra una unidad de generador portátil que se utilizó para reemplazar los generadores del sótano que fallaron debido a las inundaciones luego del huracán Sandy [FEMA 2013].

Dependencias entre servicios. Las dependencias juegan un enorme papel en el desempeño de la infraestructura de las comunicaciones, tal como se analizó en la Sección 15.1.3 y el Capítulo 11.

Las centrales telefónicas y los IXP dependen de la energía eléctrica para los equipos críticos, los conmutadores y las unidades de HVAC. Aunque los equipos críticos normalmente se conectan a baterías o generadores de reserva, puede que las unidades de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) no lo hagan, ya que necesitan de una considerable cantidad de energía para funcionar. Sin embargo, cuando existe una pérdida de energía eléctrica, se pueden apagar y sobrecalentar los equipos de comunicaciones críticos como consecuencia [Kwasinski 2009]. También se necesita agua para enfriar los componentes electrónicos de los sistemas de HVAC y demás sistemas de acondicionamiento.

Se necesita el sistema de transporte para traer generadores y combustible, otros suministros y equipos, y a los trabajadores para restaurar la funcionalidad del sistema. En el proceso de planificación se debe considerar la posibilidad de establecer una infraestructura de apoyo móvil a corto y largo plazo, como generadores, enfriadores y agua remolcada, de modo que se puedan realizar adaptaciones antes de que ocurra un evento peligroso. Entre estas adaptaciones se pueden incluir la conexión a las instalaciones y los requisitos de apoyo, como el suministro de combustible.

22.2.1.2. Sistemas de distribución

Los sistemas de distribución tienen los siguientes componentes y factores que afectan la continuidad de la funcionalidad del sistema de comunicación:

- Primera/última milla
- Tipo de cable (cable de cobre, coaxial, de fibra óptica), cable aéreo frente al cable subterráneo
- Terminales remotas de portador de circuito distribuido (DLC RT, por sus siglas en inglés)

Primera/última milla. El término “primera/última milla” hace referencia a la parte final de los servicios de suministro, mediante cables de red, de un proveedor de servicios a un cliente. El uso del término “primera milla” indica el primer tramo de cables que transportan datos del cliente al mundo (p. ej., descarga de sitios web o carga de datos en Internet); mientras que “última milla” implica el tramo final de cables de red que prestan servicio a un cliente. Aunque el nombre implica que tiene una milla de largo, no siempre es el caso, especialmente en las comunidades rurales donde puede ser más largo [WV Broadband 2013]. La primera/última milla es donde ocurre la mayoría de las fallas debido a la gran exposición a los peligros, en comparación con los edificios individuales que albergan los equipos críticos para el sistema de comunicación.

La diversidad de trayectos se puede integrar en el sistema con nodos que se conectan a la red troncal. Sin embargo, si la primera/última milla no se conecta a la red troncal, es vulnerable a fallas de un solo punto. Además, puede que la falla de un nodo afecte el servicio. Si un nodo defectuoso se encuentra entre una central telefónica y el edificio que atiende (es decir, primera/última milla), esos clientes estarán fuera de servicio.

Es probable que haya menos redundancia en los sistemas de comunicación para las comunidades rurales. Históricamente, las comunidades rurales no han usado estos sistemas de comunicación con tanta frecuencia ni han dependido tanto de ellos como las comunidades suburbanas y urbanas. Esto se ha debido a las siguientes dos razones:

- En el pasado, no se disponía de métodos tecnológicos viables para enviar grandes cantidades de datos a larga distancia.
- La inversión económica necesaria para que los proveedores de servicios se expandan a comunidades remotas ha sido demasiado alta, lo que ha dado lugar a una baja relación costo-beneficio.

Como resultado de la falta de redundancia en las comunidades rurales y remotas, posiblemente una falla de un nodo simple genere un corte que afecte a la mayor parte de la comunidad o a toda. Por lo tanto, es posible que no sea económicamente práctico para las comunidades rurales establecer los mismos objetivos de desempeño de comunicaciones que para las comunidades urbanas. A medida que la tecnología de las comunicaciones sigue desarrollándose, el nivel de redundancia (o diversidad de trayecto) en la infraestructura de las comunicaciones que prestan servicios a las comunidades rurales puede mejorar. En el caso de que la razón de la pérdida de los servicios de telecomunicaciones sea el resultado directo de una pérdida de energía externa, puede que la restauración de los servicios sea más rápida para las comunidades rurales porque, en las zonas densamente pobladas, los componentes de

generación y distribución de energía tienden a estar agrupados herméticamente y a menudo es necesario reparar otros sistemas antes de poder acceder al suministro de energía.

Tipos de cable para la primera/última milla. Existen los siguientes tres tipos de cables que se usan normalmente en los sistemas de distribución de la comunicación:

Cables de cobre. Los cables de cobre funcionan al transmitir señales a través de pulsos eléctricos y transportan la baja energía necesaria para operar un teléfono fijo tradicional. En lugar de una empresa eléctrica, el proveedor de servicios propietario del cable es quien proporciona la energía. Por lo tanto, el uso de líneas telefónicas analógicas tradicionales (es decir, servicio telefónico convencional o POTS) que utilizan cables de cobre disminuye la dependencia de la energía externa [ALA 2006]. Como consecuencia, si existe una pérdida de energía eléctrica, todavía se puede lograr la comunicación a través de líneas telefónicas analógicas (aunque no es un hecho garantizado) cuando se conecta físicamente el teléfono a la unidad telefónica (no un teléfono portátil inalámbrico). Sin embargo, el cable de cobre tiene algunas desventajas. Una de ellas es que es susceptible a las inundaciones de agua salada [Ciudad de Nueva York 2013]. Los proveedores de servicios están retirando sus cables de cobre debido al alto costo de mantenimiento y a su capacidad limitada para soportar los servicios actuales de alta capacidad/velocidad [Lower Manhattan Telecommunications Users' Working Group 2002]. Por ejemplo, Verizon informó que se redujeron sus gastos operativos en aproximadamente un 70% en zonas donde instaló su red FiOS (fibra óptica) y retiró su planta de cobre en las centrales telefónicas [FTTH Council 2013].

Cables coaxiales. Los cables coaxiales están hechos de un material más moderno que suele utilizarse para los sistemas de distribución. Ofrecen más resistencia al agua y, por lo tanto, no son tan susceptibles a los daños de las inundaciones como los cables de cobre. Luego del huracán Sandy, los cables coaxiales generalmente funcionaban bien con fallas normalmente asociadas con la pérdida de energía eléctrica al equipo al que estaban conectados [Ciudad de Nueva York 2013]. Los cables coaxiales se utilizan principalmente para servicios de televisión por cable e Internet. Esta tecnología depende en gran medida de la energía suministrada por una empresa de servicios públicos de electricidad, en lugar de hacerlo del proveedor de comunicaciones.

Cables de fibra óptica. Los cables de fibra óptica son más resistentes a los daños de las inundaciones que los cables de cobre y coaxiales [Ciudad de Nueva York 2013]. Actualmente, se suelen utilizar cables de fibra óptica para agrupar los servicios domésticos (televisión, Internet de alta velocidad y teléfono) en un sistema. El uso de los cables de fibra óptica permite la transmisión de grandes cantidades de datos en una sola fibra. Al igual que los cables coaxiales, esta tecnología depende en gran medida de la energía suministrada por una empresa de servicios públicos de electricidad, en lugar de hacerlo del proveedor de comunicaciones. Por consiguiente, durante un evento peligroso natural o luego de este en el que se interrumpe la energía eléctrica, se perderían los servicios de comunicación por cable que utilizan cables de fibra óptica sin los equipos de energía de reserva del usuario final [ALA 2006].



Figura 15-4: Falla del cable de televisión por antena comunitaria (CATV, por sus siglas en inglés) debido a los efectos del viento

Cables aéreos frente a cables subterráneos. El cable de distribución se puede encordar de forma aérea en los postes de servicios públicos o puede ir bajo la tierra. Existen ventajas y desventajas para ambas opciones. Las fallas de los cables aéreos son relativamente fáciles de localizar y reparar después de un evento peligroso natural. Sin embargo, su exposición los hace especialmente susceptibles a los vientos fuertes (p. ej., huracanes, tornados, derechos), escombros que caen y peligros de hielo. En el caso de los eventos de vientos fuertes, es posible que los cables aéreos fallen debido a los efectos de los vientos, las fallas en los postes o si caen árboles. La Figura 15-4 muestra un ejemplo de una línea de televisión por cable (CATV) defectuosa debido a los vientos fuertes durante el huracán Katrina.

Las fallas generalizadas de las líneas aéreas son comunes durante eventos de vientos fuertes y tormentas de hielo. Se pueden lograr algunas mejoras en el desempeño con la poda de árboles y ramas para reducir tanto la probabilidad de que las ramas caigan en las líneas como la de que se caigan los árboles. La empresa de servicios públicos de electricidad o el proveedor de servicios propietario de los postes realiza la poda de árboles, y a menudo comparte los costos con otros usuarios de postes. El Capítulo 13 analiza los desafíos asociados con la eliminación y poda de árboles.

Instalar cables subterráneos elimina los impactos del viento, el hielo y la caída de árboles, pero pueden ser más susceptibles a los daños por inundaciones, terremotos y licuefacción. Las comunidades de algunas partes de Estados Unidos han analizado convertir sus cables aéreos en cables subterráneos para eliminar los impactos del viento, el hielo y la caída de árboles. Sin embargo, convertir los cables aéreos en subterráneos puede ser complejo y costoso [Departamentos de Obras Públicas de la Ciudad de Urbana 2001]. Los principales desafíos y problemas asociados con la conversión de cables aéreos en subterráneos fueron señalados en el Informe del Departamento de Obras Públicas de la Ciudad de Urbana [2001] como los siguientes:

- Reducción de la vida útil del sistema subterráneo.
- Falta de accesibilidad para el mantenimiento y reparación de las instalaciones subterráneas.
- Costos de instalación subterránea.
- Conversión del cableado de los clientes en servicios subterráneos.

El costo asociado con el mantenimiento de un programa dedicado a la poda de árboles es mucho menor que convertir los cables aéreos en subterráneos porque los esfuerzos incluyen la eliminación del sistema existente, la pérdida de costos como resultado de no usar el sistema existente durante la vida útil de su diseño, los costos de la instalación subterránea y el recableado de cada edificio para acomodar los servicios públicos subterráneos [Departamento de Obras Públicas de la Ciudad de Urbana 2001]. Sin embargo, también afectan otros factores además del costo si se deben usar cables aéreos o subterráneos, que incluyen desafíos de permisos, derechos de paso, geología y terreno de la zona. Dado que los

proveedores de servicios de comunicaciones y las empresas de servicios públicos de electricidad comparten gran parte de la infraestructura, es necesario tener en cuenta sus intereses comunes para decidir qué es mejor para sus sistemas de distribución.

Terminales remotas de operador de circuito digital. Las terminales remotas de operador de circuito digital (DLC RT, por sus siglas en inglés) son nodos en la red de comunicaciones que permiten que se distribuya el servicio más allá del alcance de una central telefónica o una centralita determinada. Históricamente, los cables de cobre les proporcionan servicio de una central telefónica a los clientes que se encuentran en un radio de aproximadamente 4 kilómetros (2,5 millas) de esa central telefónica [Kwasinski et al. 2006]. El uso de los cables de fibra óptica y DLC RT al borde de la acera puede extender este alcance de servicio a aproximadamente 10 km (6,2 millas) [Kwasinski et al. 2006]. Por lo tanto, los DLC RT proporcionan una posible solución de última milla para que los proveedores de servicios lleguen a los clientes más alejados de sus centrales telefónicas o centralitas existentes sin la necesidad de invertir en la construcción de centrales telefónicas adicionales.

Se pueden utilizar los DLC RT para reemplazar rápidamente las centrales telefónicas o los nodos más pequeños, como se hizo después del huracán Katrina cuando se necesitó menos capacidad después del evento [Kwasinski 2011]. Esto puede ser útil para limitar el tiempo de inactividad de la red, pero se necesita una planificación adecuada para asegurar que no fallen los DLC RT luego del próximo evento peligroso. Quizás las últimas dos cosas más importantes que los proveedores de servicio deben considerar al implementar los DLC RT (y cualquier infraestructura de las comunicaciones) son las normas de edificación que limitan la vulnerabilidad ante los peligros y que se refieren a la energía de reserva.

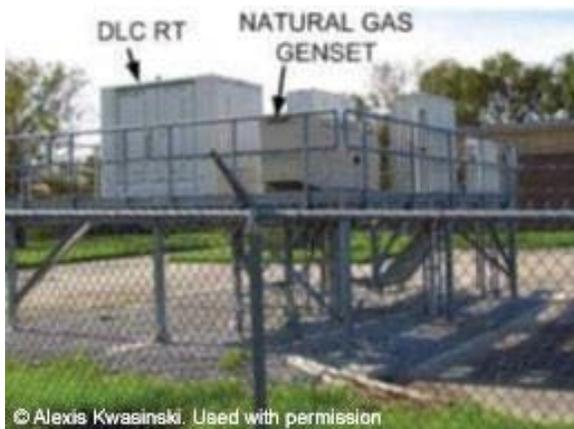


Figura 15-5: DLC RT elevada con generador de reserva de gas natural instalado después del huracán Katrina

Una lección importante aprendida del huracán Katrina en cuanto a las DLC RT fue que se deben elevar los nodos en las zonas de marejada, de modo que no se vean afectadas en eventos peligrosos futuros [Kwasinski 2011]. Una empresa de servicios públicos implementó esta práctica en Nueva Orleans y la región circundante después del huracán Katrina. La Figura 15-5 muestra una DLC RT elevada en una plataforma. El edificio en el fondo de la figura era una pequeña central telefónica en la que se dañaron todos los equipos durante el huracán Katrina, pero nunca se reemplazó [Kwasinski 2011]. Cuando el siguiente conjunto de tormentas (es decir, los huracanes Gustav e Ike) azotó la región en 2008, la marejada no dañó de forma física muchas de las DLC RT.

Al igual que las torres celulares, las DLC RT necesitan energía de reserva para funcionar cuando se perturba la energía externa (consulte la Sección 15.2.2.2). Los generadores de energía de reserva se pueden instalar de forma permanente o se los puede implementar luego de una perturbación del servicio.

Ya sea que los generadores se instalen de manera permanente o se implementen de forma temporal, el principal desafío es asegurar que tengan suficiente combustible para proporcionar un suministro continuo de energía. Esto puede incluir la necesidad de reabastecimiento, según la duración del corte de la energía comercial. Sin embargo, existen desafíos asociados con ambas opciones. Por ejemplo, puede ser difícil esperar hasta después de un evento para implementar los generadores de reserva por varias razones, como, por ejemplo:

- Movilizar una gran cantidad de generadores de reserva puede requerir un importante apoyo de mano de obra y logística.
- Los generadores de reserva necesitan reabastecerse durante cortes prolongados, lo que puede ser un problema si hay falta de acceso al combustible.
- Es posible que las rutas de transporte se vuelvan intransitables debido a los árboles caídos y otros escombros.

Puede ser muy costoso, en cambio, instalar y mantener generadores permanentes para una gran cantidad de lugares y necesitan pruebas y mantenimiento periódicos para asegurar que funcionen cuando sea necesario. También se deben reemplazar los generadores permanentes para que sean menos vulnerables a los peligros previstos (p. ej., elevarlos por encima de los niveles de inundación previstos). A modo de ejemplo, instalar generadores de reserva permanentes y elevar las DLC RT luego del huracán Katrina ayudó a reducir los cortes de las comunicaciones durante los huracanes de 2008 que azotaron la misma región [Kwasinski 2011].

Existen varias opciones de combustible para los generadores de reserva (consulte el Capítulo 13). Puede que el combustible no esté disponible inmediatamente después de un evento peligroso, lo que puede dificultar el reabastecimiento de combustible si se prolongan los cortes de energía eléctrica durante un largo período de tiempo. Los generadores de reserva de gas natural funcionaron bien durante el huracán Gustav [Kwasinski 2011]. Sin embargo, los generadores de gas natural quizás no sean la mejor opción para su uso como generadores de reserva porque suelen cerrarse las líneas de distribución de gas natural antes de un evento peligroso para evitar incendios y explosiones.

22.2.2. Sistemas inalámbricos

El sistema de telefonía inalámbrico tiene vulnerabilidades similares al sistema alámbrico. Además, otros posibles puntos de fallo exclusivos de la red inalámbrica incluyen el emplazamiento de celdas (torres y componentes electrónicos), los centros de conmutación de servicios móviles (MSC) y las instalaciones de retorno (transporte). Las instalaciones de retorno transportan el tráfico desde los emplazamientos de celdas a los MSC. La pérdida de energía puede desactivar estas instalaciones, lo que genera fallas en los emplazamientos de celdas.

La Figura 15-2 (página) muestra un esquema de cómo encaja la red de telefonía inalámbrica en la red de comunicaciones. En la base de una torre de telefonía celular se encuentran los equipos terminales celulares, los equipos de conmutación y enrutamiento de redes y una interconexión a una red de voz y datos (también conocida como Componentes Electrónicos del Emplazamiento de la Celda) y energía de reserva. Los daños a los equipos en la base de la torren pueden afectar la capacidad que tienen los emplazamientos de celdas para funcionar.

22.2.2.1. Centros de conmutación de servicios móviles (MSC)

Los MSC, al igual que las centrales telefónicas y los IXP, son componentes clave del sistema de conmutación de la red inalámbrica. También desempeñan una función de interfaz con la red alámbrica, de modo que se puedan completar las llamadas entre los dos sistemas. Como tales, se deben designar los MSC para que cumplan con los mismos objetivos de protección y desempeño que las centrales telefónicas y los IXP, incluido el diseño adecuado de la energía de reserva.

22.2.2.2. Torres celulares

Los daños físicos, la pérdida de energía o de las instalaciones de retorno (es decir, de transporte) pueden afectar la función de las torres celulares. Las torres celulares pueden ser consideradas para el nivel de desempeño A o B, ya que normalmente soportan equipos de emergencia esenciales o están ubicadas en un centro de emergencias central. Por consiguiente, las torres y los equipos ubicados en la base de la torre no deben sufrir ningún daño durante los eventos de rutina y de diseño.

Las torres celulares suelen diseñarse para cumplir con los criterios de TIA-222-G [2006]. Las torres celulares diseñadas para cumplir con los criterios de TIA-222-G deberían funcionar bien en un evento de viento, hielo o terremoto. Sin embargo, es posible que las torres celulares más antiguas que no se han reacondicionado o mejorado para cumplir con TIA-222-G no funcionen bien. Específicamente, las torres celulares en las regiones propensas a los terremotos pueden haber sido diseñadas y construidas sin orientación sobre los efectos sísmicos.

Daños físicos. Cuando se utilizan estas normas de diseño, los terremotos de magnitud de diseño, los eventos de viento fuerte o de inundación no deberían hacer que se derrumben las torres celulares. Este no fue el caso con el huracán Katrina (2005), cuando se informó que las torres de telefonía celular habían fallado [DHS 2006] luego de haber recibido el impacto de los escombros transportados por las inundaciones (p. ej., embarcaciones grandes, etc.), los cuales tenían un impulso que probablemente superaba el del impacto de una inundación de diseño normal. Las torres portátiles temporales pueden reemplazar las torres defectuosas. De manera similar, la tormenta de hielo de Kentucky de enero de 2009 tuvo fallas en las torres de telefonía celular debido a la combinación de acumulación de hielo y vientos de más de 40 mph [Comisión de Servicios Públicos de Kentucky 2009]. En caso de que una torre sufra daños físicos, una torre portátil temporal puede reemplazarla.

Pérdida de energía externa. Algunas de las torres celulares están equipadas con baterías diseñadas para proporcionar de cuatro a ocho horas de energía de reserva luego de la pérdida de energía externa [Ciudad de Nueva York 2013]. En el pasado, la FCC ha intentado ordenar un mínimo de ocho horas de energía de reserva de batería, pero los tribunales eliminaron los requisitos. Sin embargo, se debe considerar la energía de reserva adecuada según los planes de resiliencia comunitaria para las torres celulares, particularmente en zonas que dan servicio a instalaciones críticas. Muchos factores como los códigos de edificación, los requisitos de espacio, las negociaciones de propietarios y las consideraciones financieras pueden afectar la instalación de los generadores permanentes.

Existe una expectativa general por parte del público de que el sistema de llamadas de emergencia 9-1-1 permanecerá en funcionamiento durante los eventos peligrosos y después de estos. Al considerar el desempeño observado de la red eléctrica durante los huracanes recientes (que produjeron velocidades del viento inferiores a los valores nominales de 50 a 100 años según lo especificado en ASCE 7 [ASCE 1993, 1995, 2002 y 2005]), la disponibilidad de energía comercial puede presentar el desafío más importante para la continuidad de la funcionalidad de los sistemas de comunicación durante un evento de diseño o incluso de rutina. Por consiguiente, la energía de reserva adecuada es fundamental para asegurar la funcionalidad. La experiencia reciente con huracanes y otros eventos peligrosos sugieren que es necesario

que la energía de reserva dure más tiempo que la práctica actual normal de cuatro a ocho horas en los emplazamientos de celdas, para estos tipos de eventos [Ciudad de Nueva York 2013].

Los sistemas de energía de reserva eléctrica diésel permanentes pueden presentar grandes dificultades debido a los costos de mantenimiento iniciales y continuos. En el caso de los eventos como los huracanes y las grandes tormentas de hielo en los que se dispone de advertencias anticipadas, se pueden desplegar o instalar los generadores portátiles antes o después de la tormenta. Sin embargo, luego de que se producen los eventos peligrosos regionales, la demanda suele exceder la disponibilidad de generadores portátiles. Cuando se los implementa, los generadores portátiles generalmente necesitan reabastecerse alrededor de una vez por día. Los generadores también necesitan reabastecimiento, pero la frecuencia depende de las capacidades de los generadores. En casos en los que existe poca o ninguna advertencia, como los terremotos y tornados, no se pueden instalar los generadores portátiles con anticipación. Sin embargo, los generadores portátiles pueden ser el mejor enfoque para una rápida recuperación de los aspectos críticos de la funcionalidad de un sistema.

En zonas densamente urbanizadas, como la ciudad de Nueva York, las torres celulares se encuentran frecuentemente en la parte superior de los edificios, lo cual impide la colocación de generadores diésel de reserva permanentes y dificulta el suministro de energía desde generadores portátiles a causa de la dificultad de acceso.

22.2.3. Sistemas de cable y de transmisión.

Se necesitan sistemas de comunicación direccionales, como los sistemas de cable y transmisión, para difundir información importante al público con un modelo de “uno a muchos”, en particular antes y después del evento peligroso. Se puede utilizar la transmisión, en particular, para ofrecer información al público cuando se pierda la energía externa y si los miembros de la comunidad tienen radio o televisión a batería. En el caso del fenómeno meteorológico “derecho” de 2012 (consulte la Sección 15.2.4), los puntos de acceso de seguridad pública (PSAP, por sus siglas en inglés) trabajaron con las emisoras para proporcionar actualizaciones sobre las perturbaciones del servicio 9-1-1 para brindar información sobre otras formas de obtener ayuda de emergencia [FCC 2013]. También se está utilizando la transmisión celular para difundir actualizaciones de información de “uno a muchos”, que es especialmente útil en eventos de peligros no anticipados.

El sistema de alerta de emergencia (EAS, por sus siglas en inglés) utiliza la transmisión y el cable para alertar al público con información importante durante eventos peligrosos y después de estos. Las alertas del EAS puede abordar los eventos que afectan la nación entera o solo una pequeña zona afectada por el clima severo [FCC 2015b].

Torres de transmisión. La infraestructura principal para la transmisión son las torres de transmisión que emiten señales a través de las ondas de radio. Estas torres están diseñadas siguiendo la misma norma, TIA-222-G, que las torres celulares (consulte la Sección 15.2.2.2). Se deben revisar las torres existentes que se diseñaron de acuerdo con normas anteriores a la TIA-222-G, particularmente en las regiones propensas a los terremotos, para determinar si se necesitan actualizaciones para cumplir con las normas más actuales. Las torres de transmisión se enfrentan a muchos de los mismos desafíos que las torres celulares para mantener la funcionalidad durante un evento peligroso o luego de este, incluidos los equipos críticos que no son vulnerables a los daños.

Instalaciones de cabecera de cables. Las instalaciones de cabecera de cables suelen ubicarse en una central local de televisión por cable y proporcionan televisión por cable y servicios de módem a los suscriptores. Estas instalaciones tienen un propósito similar al de las centrales telefónicas, IXP y MSC. Por lo tanto, se las debe diseñar para que cumplan con los mismos objetivos de desempeño, incluido el diseño adecuado del sistema de energía de reserva.



Figura 15-6: La ubicación de los sistemas de SAI es una consideración importante para la resiliencia y el mantenimiento periódico

Televisión por cable (CATV) Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). La mayoría de la infraestructura del cable es similar a la de la telefonía fija. De hecho, muchas personas reciben telefonía fija, Internet y televisión por cable a través del mismo proveedor de servicios. Estos servicios se agrupan y distribuyen a los clientes de una forma similar a los sistemas alámbricos. Se utilizan los sistemas SAI para trasladar la energía al cable para poder suministrar los servicios por cable a los clientes [Kwasinski et al. 2006]. Los sistemas SAI se pueden colocar en un pedestal en el suelo o en un poste de servicios públicos. De forma similar a otros equipos críticos, es importante ubicar los sistemas SAI para minimizar su vulnerabilidad a los peligros [Kwasinski 2011]. La Figura 15-6 (izquierda) muestra dos sistemas SAI luego del huracán Katrina. Debido a una marejada, se destruyó la unidad montada en un pedestal a nivel del suelo. Sin embargo, no se dañó la unidad montada en un poste. Sin embargo, la Figura 15-6 (derecha) también muestra que colocar sistemas SAI demasiado altos en postes de servicios públicos puede interferir con el mantenimiento regular [Kwasinski 2011]. Proporcionar energía de reserva adecuada puede ser un desafío, particularmente para un SAI montado en poste, porque la carga adicional puede ser mayor que lo que el poste puede soportar.

22.2.4. Comunicaciones de emergencia

Servicios 9-1-1. En la vida diaria, es importante contar con la capacidad de poder llamar al 9-1-1 para pedir ayuda en una situación de emergencia y especialmente luego de un evento peligroso. La arquitectura actual del 9-1-1 suele utilizar la capacidad de conmutación y enrutamiento de un proveedor de servicios en la comunidad para conectar los centros de llamadas 9-1-1 [conocidos como puntos de acceso de seguridad pública (PSAP)] a personas que necesitan ayuda, sin importar si la llamada se realiza desde un teléfono fijo o un celular [FCC 2013]. Por lo tanto, las fallas en la infraestructura alámbrica de enrutadores selectivos o centrales finales que dan servicio a los PSAP y las perturbaciones de servicios resultantes pueden tener un mayor impacto en el servicio 9-1-1 que los cortes individuales del servicio inalámbrico.

Como se ha visto en los eventos peligrosos pasados, las fallas en la infraestructura alámbrica pueden resultar en la pérdida del servicio 9-1-1. Por ejemplo, el fenómeno meteorológico “derecho” de 2012 que afectó 11 estados, desde el Valle de Ohio hasta el Atlántico Medio y D.C., causó una pérdida generalizada

de los servicios 9-1-1 [FCC 2013]. El informe de la FCC [2013] sobre las fallas de la infraestructura de las comunicaciones mostró que setenta y siete PSAP en seis estados tenían algún grado de pérdida de servicio, y diecisiete PSAP en tres estados (Virginia, Virginia Occidental y Ohio) perdieron el servicio por completo, lo que posiblemente afectaría a más de dos millones de personas.

Tal como se analizó en la Sección 15.2.1, es fundamental la energía de reserva para asegurar la continuidad del servicio cuando se pierde la energía externa. Desafortunadamente, las fallas de energía de reserva en las centrales telefónicas de Virginia produjeron perturbaciones prolongadas del servicio 9-1-1 en el norte de Virginia. Una central telefónica perdió la energía externa y funcionó con la energía de la batería durante aproximadamente seis horas hasta que se agotó. Aunque el sistema de reserva de la batería incluía los generadores de reserva, se configuró el sistema para utilizar dos generadores de reserva conjuntamente para suministrar la energía que necesitaba la instalación. Cuando un generador no pudo arrancar, el otro se sobrecargaba y fallaba. La FCC [2013] encontró que el generador también había fallado en las pruebas de rutina antes del evento del “derecho” y el problema debería haber sido resuelto en ese momento. Las fallas del sistema de energía de reserva duraron ocho horas. Como resultado, la central telefónica y los servicios locales 9-1-1 experimentaron una perturbación del servicio durante ese período [FCC 2013].

Los proveedores de servicio han aprendido de estos eventos y continúan haciendo mejoras al sistema de servicios 9-1-1 en la Región de la Capital Nacional (NCR, por sus siglas en inglés), así como en otras partes del país. Además, la FCC ha iniciado un programa anual para que los proveedores de servicios certifiquen su diversidad de circuitos a PSAP, su diversidad de enlaces de telemetría y sus requisitos mínimos de energía de reserva (p. ej., duración, pruebas y mantenimiento) para todas las ubicaciones que dan servicio a un PSAP u hospedan un enrutador selectivo. La certificación exige que todas las centrales telefónicas de la red que dan servicio directamente a un PSAP tengan 24 horas de energía de reserva, junto con un requisito de 72 horas para aquellas centrales telefónicas que albergan enrutadores selectivos. Las comunidades también pueden adoptar medidas para mejorar la resiliencia de su servicio 9-1-1 al considerar la compra de diversos circuitos y la redundancia en las centrales finales que dan servicio a los PSAP cuando sea posible.

Otras comunicaciones de emergencia. Las comunidades deben considerar la posibilidad de implementar un Sistema Integrado de Alerta y Advertencias Públicas (IPAWS, por sus siglas en inglés) para mejorar la seguridad pública y ofrecerle al público información importante actualizada inmediatamente después de un evento peligroso. El IPAWS incluye varios sistemas de alertas, como los siguientes:

- Las alertas inalámbricas de emergencia (WEA, por sus siglas en inglés) se utilizan para transmitir alertas/advertencias a los teléfonos celulares y otros dispositivos móviles.
- El sistema de alerta de emergencia (EAS) se utiliza para difundir advertencias a través de servicios de transmisión, cable, satélite y alámbricos.
- Las estaciones de punto de entrada privado (PEP, por sus siglas en inglés) se utilizan para estaciones de transmisión de radio privadas o comerciales que participan con FEMA para proporcionar alertas de emergencia e información de alerta al público antes y después de incidentes y eventos peligrosos, así como durante estos.

22.3. Objetivos de desempeño

Aunque el objetivo de las comunidades, los propietarios de infraestructura (p. ej., proveedores de servicio) y los negocios es que el funcionamiento continuo en todo momento, el tiempo necesario para restaurar la funcionalidad después de un evento dependerá de la magnitud y el tipo del evento, los niveles de daños y los planes de recuperación y la resiliencia de la comunidad. Los objetivos de desempeño para los sistemas de infraestructura de las comunicaciones variarán de comunidad a comunidad según sus

necesidades. La comunidad o sus partes interesadas definirán los objetivos de desempeño, como parte del proceso de planificación de seis pasos descrito en el Volumen 1.

Partes interesadas. Siguiendo el proceso de seis pasos de la Guía, las comunidades pueden crear un equipo de partes interesadas para establecer y lograr los objetivos de desempeño para la infraestructura de las comunicaciones, como parte de un esfuerzo de planificación de resiliencia comunitaria más amplia. Al igual que los esfuerzos de planificación de otros sistemas de infraestructura, las partes interesadas necesitan establecer los objetivos de desempeño para los sistemas de comunicación y evaluar el estado actual de sus sistemas de infraestructura. La infraestructura de las comunicaciones posee propietarios y partes interesadas de muchas industrias que tienen importantes perspectivas a tener en cuenta al momento de establecer los objetivos de desempeño para mejorar la resiliencia del sistema de comunicación y de la comunidad. Las partes interesadas pueden incluir cada uno de los proveedores de servicios, negocios locales, representantes de instalaciones críticas y representantes de industrias que dependen de los sistemas de comunicaciones, tales como las empresas de servicios públicos de electricidad, los proveedores de combustible líquido y los oficiales de transporte.

La ciudad de San Francisco es un excelente ejemplo de lo que se puede lograr al reunir a las partes interesadas. San Francisco tiene un concejo de líneas vitales [Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco 2014] que reúne a las partes interesadas para obtener información sobre el estado actual de los sistemas de infraestructura y las mejoras necesarias. El concejo de líneas vitales realiza estudios y proporciona recomendaciones sobre dónde se necesitan mejoras en la resiliencia y coordinación de la infraestructura. Su trabajo ha llevado a la aplicación de redundancia adicional en la red de comunicaciones en el Área de la Bahía.

Tabla de objetivos de desempeño. Los objetivos de desempeño se definen en términos de la rapidez con la que se recupera la funcionalidad de la infraestructura después de un evento peligroso. La Tabla 15-1 presenta un ejemplo de una tabla de objetivos de desempeño que las comunidades pueden llenar para evaluar las fortalezas y debilidades de sus sistemas de infraestructura de las comunicaciones y cómo respaldan la resiliencia comunitaria. Aquí se presentan las consideraciones para establecer objetivos de desempeño para los sistemas de infraestructura de las comunicaciones.

Todas las comunidades pueden utilizar las tablas de desempeño para todos los tipos de eventos y niveles peligrosos (de rutina, de diseño y extremo). El *criterio de incidente* y los *niveles de restauración* enumerados en la parte superior de la tabla resumen el impacto general anticipado en la comunidad. Consulte el Capítulo 4 del Volumen 1 para obtener un análisis más detallado de la tabla de objetivos de desempeño y el proceso para establecerlos.

La infraestructura de las comunicaciones tiene dos categorías principales en la Tabla 15-1: 1) edificios centrales y de comunicaciones y 2) sistemas de distribución de primera/última milla que soportan grupos de edificios. Los grupos de edificios enumerados en la columna de la izquierda de la tabla se unen como instalaciones críticas, viviendas de emergencias, viviendas y vecindarios y recuperación comunitaria (consulte el Capítulo 12). Estos grupos tienen la intención de reflejar la secuencia típica para la recuperación de la función luego de un evento peligroso.

Las comunidades están construidas para los peligros predominantes, por lo que el nivel de peligro de diseño proporciona la base de la planificación de resiliencia. Examinar la respuesta de los edificios y los sistemas de infraestructura ante muchos niveles de peligro (p. ej., de rutina, de diseño o extremo) puede proporcionar información sobre el desempeño integrado de edificios y sistemas de infraestructura. Por ejemplo, es posible que un sistema no funcione adecuadamente a nivel de rutina, especialmente los sistemas más antiguos que no están bien mantenidos. Si el sistema desempeña un papel importante en la comunidad, sus fallas pueden desencadenar efectos dominó en los edificios u otros sistemas. Estos tipos de dependencias pueden indicar que posiblemente se necesiten opciones de mitigación o reacondicionamiento para mejorar la funcionalidad de la comunidad para eventos de rutina.

La tabla proporciona un resumen visual de los objetivos de desempeño deseados (futuros) y los previstos (actuales) de los sistemas de infraestructura de las comunicaciones existentes según las necesidades sociales durante la recuperación. La comunidad y sus partes interesadas establecen los objetivos de desempeño y se expresan en términos de tiempo hasta la recuperación de la función, según las necesidades sociales de la comunidad luego de un evento peligroso y el papel de los sistemas de infraestructura de las comunicaciones.

Los porcentajes 30%, 60% y 90% indican la tasa deseada de recuperación con el fin de señalar qué parte del sistema de comunicación de apoyo para el grupo se recupera y funciona durante las tres fases de recuperación (p. ej., a plazo corto, medio y largo). Se estima y también se registra en la tabla el desempeño previsto de la construcción existente para cada grupo de edificios (al nivel del 90%) para el evento peligroso seleccionado. La diferencia entre el nivel deseado de restauración del 90% y el nivel de desempeño previsto del 90% indica la brecha que se debe abordar para cumplir con el objetivo de resiliencia comunitaria.

En la etapa 1 de recuperación, las funciones de la comunidad pueden restaurarse inicialmente a un nivel mínimo o provisorio para apoyar las tareas esenciales que inician el proceso de recuperación. Por ejemplo, un centro de operaciones de emergencia (EOC, por sus siglas en inglés) puede tener suficiente energía, teléfonos y computadoras para continuar con sus funcionamientos esenciales, pero no para mantener todas las funciones.

Tabla 15-1: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de las comunicaciones a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}	
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto

Infraestructura de las comunicaciones	Apoyo necesario ⁴	Desempeño del peligro de diseño								
		Etapa 1 Corto plazo			Etapa 2 Medio plazo			Etapa 3 Largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
Edificios principales y de comunicaciones										
Centro de comunicaciones (p. ej., una central telefónica, puntos de intercambio de Internet [IXP], centros de datos)										
Primera/última milla										
Instalaciones críticas										
Hospitales										
Policía y estaciones de bomberos										
Centro de operaciones de emergencia										
Viviendas de emergencia										
Residencias										
Viviendas de respuesta ante emergencias										
Refugios públicos										
Viviendas/vecindarios										
Instalaciones de servicios esenciales de la ciudad										
Escuelas										
Consultorios de proveedores médicos										
Venta al por menor										
Infraestructura de recuperación comunitaria										
Residencias										
Venta al por menor en el vecindario										
Oficinas y lugares de trabajo										
Servicios de la ciudad que no son de emergencia										
Negocios										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).

Es importante que las comunidades trabajen con los proveedores de servicio al momento de desarrollar los objetivos de desempeño para comprender el nivel del servicio que se puede anticipar (ahora y en el futuro) de las redes de comunicación. Los centros de comunicación (p. ej., centrales telefónicas, IXP, MSC) pueden encontrarse o no en las comunidades. Por consiguiente, su papel en la resiliencia comunitaria y la secuencia de recuperación depende de si se espera que se dañen dichas instalaciones durante un evento peligroso y si existe redundancia dentro del sistema de comunicación en caso de que se dañen dichas instalaciones. De manera similar, los planes para la recuperación de las funciones de primera/última milla y de comunicación en toda la comunidad se deben desarrollar con los proveedores de servicio y las partes interesadas afectadas. Los proveedores de servicios nacionales pueden dividir los edificios centrales y de comunicaciones en diferentes categorías funcionales. El término “central” hace

referencia a la parte troncal de las redes de proveedores de servicios e incluye instalaciones que almacenan datos e información de los clientes. En el caso de los proveedores de servicios más grandes, estas instalaciones pueden tener redundancia dentro de una zona para que un evento regional, como un huracán o terremoto, no pueda perturbar toda la red. Los centros de comunicación, que incluyen las centrales telefónicas, los IXP, los MSC y otros nodos centralizados, son nodos regionales cuya falla resultaría en perturbaciones generalizadas del servicio. Una comunidad no tiene control sobre la infraestructura de las redes de los proveedores de servicio, por lo que es importante que tengan en cuenta el desempeño previsto de estos sistemas y cualquier vulnerabilidad que podría afectar el suministro de servicios a través de la primera/última milla del sistema de distribución.

En un evento peligroso determinado, la primera/última milla de cableado, Internet y cable se ve afectada por el rendimiento de los cables de distribución. Si bien la tecnología inalámbrica, como los teléfonos celulares, funciona con señales transmitidas en lugar de infraestructura física para la distribución, las instalaciones de retorno utilizan líneas alámbricas para transmitir señales entre estaciones base de las torres celulares y los centros de conmutación de servicios móviles. Aunque no se incluyen específicamente en la tabla todos los componentes del sistema (p. ej., cables subterráneos y aéreos), se los debe tener en cuenta al establecer los objetivos de desempeño para la comunidad o los sistemas de comunicación.

Establecimiento de objetivos comunitarios. Las comunidades y los proveedores de servicio pueden tener diferentes objetivos y prioridades para la recuperación del funcionamiento luego de un evento peligroso. Las comunidades con un plan de resiliencia tendrán objetivos de desempeño deseados que aborden una secuencia planificada de recuperación para minimizar la perturbación de su economía y vida diaria. Un proveedor de servicios tendrá planes priorizados para la recuperación de la funcionalidad de su sistema, incluido el cumplimiento de las normativas, que puede estar dirigido a varias comunidades o a una región más grande. Por lo tanto, las comunidades y las partes interesadas necesitan comprender las capacidades de la industria de las comunicaciones y el nivel del servicio que puede preverse durante un evento peligroso específico y después de este.

También es importante que las comunidades y los proveedores de servicios comuniquen sus expectativas de desempeño y recuperación, los riesgos aceptables, el establecimiento de prioridades y los objetivos de continuidad y funcionalidad del negocio. Es probable que los análisis entre las comunidades y los proveedores de servicio ayuden a identificar los impedimentos que pueden retrasar involuntariamente la recuperación, como la lentitud de los procesos de obtención de permisos. Identificar dichas barreras puede permitir que los proveedores de servicio comprendan claramente la coordinación requerida, lo que se permitirá y cómo superar las posibles barreras antes de un evento.

Completar las tablas de objetivos de desempeño. Primero, se establecen los objetivos de desempeño deseados para tres niveles de funcionalidad. En la Tabla 15-1, los cuadros sombreados en naranja indican el tiempo deseado para alcanzar el 30% de la funcionalidad del componente, los cuadros en amarillo hacen referencia al marco de tiempo en el que se desea el 60% de la funcionalidad y los cuadros en verde señalan una funcionalidad superior al 90%. No se establece un objetivo de operatividad del 100% porque puede tomar mucho más tiempo alcanzar esta meta y puede que no sea necesario para que las comunidades regresen a sus vidas cotidianas normales. Los objetivos de desempeño deseados son independientes de todo peligro. Por ejemplo, se desea que el servicio 9-1-1 en una comunidad se encuentre continuamente disponible; la manera en que esto se puede lograr depende de los peligros predominantes.

El desempeño previsto para los sistemas de infraestructura existentes se determina para el tipo y nivel de peligro seleccionado, que se registra en la parte superior de la tabla. El desempeño previsto de los sistemas de comunicación existentes que apoyan cada grupo de edificios se estima en el 90% de recuperación del nivel funcional y se indica con una "X" en cada fila de la tabla. Se espera que el desempeño de muchos componentes de la red de comunicación, como las torres y los edificios que

albergan equipos, funcione de acuerdo con sus criterios de diseño. Sin embargo, los eventos recientes sugieren que este no siempre es el caso.

La *zona afectada* para un peligro determinado se caracteriza como local, comunitaria o regional, según el tipo y la intensidad del peligro. Por ejemplo, los terremotos y los huracanes pueden tener grandes (es decir, regionales) zonas afectadas, mientras que los tornados pueden tener zonas afectadas relativamente pequeñas (es decir, locales). La zona afectada ayuda a que una comunidad tenga en cuenta el posible alcance de los sistemas de infraestructura que se pueden dañar, lo que puede afectar el proceso de recuperación. El *nivel de perturbación* es una medida de la pérdida de funcionalidad en toda la comunidad que se basa en el estado actual del entorno construido y se estima como normal (pérdida mínima), moderado y grave.

Evaluar las infraestructuras de las comunicaciones existentes y cerrar las brechas de resiliencia. La tabla de los objetivos de desempeño puede ayudar a identificar las brechas entre el desempeño previsto y deseado. La diferencia entre el desempeño previsto del 90% (X) y el deseado del 90% indica una brecha en la resiliencia comunitaria.

Una vez que una comunidad y sus partes interesadas identifiquen las brechas de resiliencia, se priorizan las brechas relacionadas con los objetivos de la comunidad. La comunidad y las partes interesadas desarrollan soluciones para abordar las brechas priorizadas. La Sección 15.6.1 analiza los posibles métodos para evaluar el desempeño previsto de la infraestructura de las comunicaciones existente. Las Secciones 15.6.2 y 15.6.3 proporcionan soluciones de mitigación y recuperación que pueden utilizarse para lograr los objetivos de desempeño establecidos por la comunidad o el proveedor de servicios. Las soluciones en estas secciones también reconocen que se necesitará invertir tiempo y dinero en soluciones para la resiliencia y proporcionar posibles soluciones a corto y largo plazo.

Dados los tiempos de recuperación de los refugios, hospitales, estaciones de policía y otras instalaciones críticas en una comunidad, las comunidades y los proveedores de servicio deben trabajar en conjunto para que se elaboren los acuerdos de planificación, diseño y servicio para los tiempos de recuperación deseados. Algunas soluciones son más costosas que otras. Por ejemplo, es posible que las comunidades necesiten agregar redundancia o diversidad como parte de su solución, mientras que para otras puede ser suficiente obtener la Prioridad al Servicio de Telecomunicaciones (TSP) para priorizar los circuitos afectados (consulte la Sección 15.6.3 para obtener información sobre el análisis de TSP). En algunos casos, puede que una comunidad necesite promulgar estrategias administrativas para asegurar la resiliencia (p. ej., derechos de paso, autorización de torres celulares).

Sistemas de comunicación de respuesta ante emergencias e instalaciones críticas. El ejemplo de la tabla de objetivos de desempeño incluye la infraestructura de distribución a instalaciones críticas tales como hospitales, estaciones de bomberos y policía y centros de operaciones de emergencias. Sin embargo, no se encuentran en la lista los sistemas de comunicación entre los grupos de respuesta ante emergencias (bomberos/policías/paramédicos), que tienen sus propias redes y dispositivos de comunicaciones. Las redes y los dispositivos de los proveedores comunitarios de equipos de respuesta ante emergencias deben seguir funcionando durante un evento peligroso o luego de este (es decir, no debe haber ningún tiempo de inactividad). Luego de un evento peligroso, es esencial la funcionalidad de las redes de comunicación de los servicios críticos para coordinar la respuesta a las personas lesionadas y la supresión de incendios y otros peligros. Los radios bidireccionales pueden ser una solución si otros medios de comunicación no están en funcionamiento. Sin embargo, los radios de policía, bomberos y paramédicos no suelen ser compatibles una con otra. Por lo tanto, las comunidades deben considerar cómo los equipos de primera respuesta pueden asegurar que los radios sean compatibles para ayudar con la coordinación. De forma similar, otras instalaciones críticas, como hospitales y estaciones de policía, a menudo tienen sus propios sistemas de comunicaciones privados que necesitan estar en funcionamiento luego de un evento peligroso para asegurar que puedan prestar servicios a la comunidad.

22.4. Entorno regulador

Existen muchos organismos reguladores en varios niveles de gobierno (federal, estatal y local) que tienen autoridad en los sistemas de infraestructura de las comunicaciones. Ningún organismo regulador único supervisa toda la infraestructura de comunicaciones ni es responsable de la aplicación de todos los códigos y las normas. La rápida evolución de las tecnologías en los últimos 30 años ha dado lugar a cambios en la jurisdicción reguladora, lo que añade complejidad al entorno regulador. Esta sección analiza los organismos reguladores de la infraestructura de las comunicaciones a niveles federales, estatales y locales.

22.4.1. Federal

El organismo regulador de los servicios de comunicación y, por lo tanto, de la infraestructura es la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). La FCC es una agencia gubernamental que regula las comunicaciones interestatales e internacionales de teléfono, cable, radio y otras formas de comunicación. Tiene jurisdicción sobre las líneas inalámbricas, alámbricas y la Internet (incluida la VoIP).

La FCC tiene un grupo asesor llamado Consejo de Seguridad en Comunicaciones, Fiabilidad e Interoperabilidad (CSRIC, por sus siglas en inglés) que promueve las mejores prácticas, así como las recomendaciones de la industria para mejorar la confiabilidad y la resiliencia de muchos tipos de proveedores de comunicaciones. El consejo realiza estudios de eventos peligrosos (p. ej., huracán Katrina, “derecho” de 2012) y recomienda las maneras de mejorar la preparación, la confiabilidad de la red y la comunicación entre los equipos de primera respuesta [Victory et. al 2006]. No hay requisitos para que las mejores prácticas recomendadas sean adoptadas y aplicadas, ya que no están desarrolladas con el rigor de las normas. Sin embargo, la industria considera de forma voluntaria la posibilidad de implementar las mejores prácticas en circunstancias adecuadas. Los proveedores de servicio usan las mejores prácticas para implementar estrategias de mitigación aplicables a su red y priorizar de manera efectiva las mejoras de resiliencia de la red. Además, implementar las mejores prácticas permite que los proveedores de servicio sigan siendo competitivos en el negocio y mejoren la reputación de su marca.

22.4.2. Estatal

Las agencias gubernamentales estatales tienen autoridad sobre los servicios de telefonía fija local. Más frecuentemente, la agencia responsable de supervisar la infraestructura de las comunicaciones a nivel estatal se conoce como Comisión de Servicios Públicos (PSC). Sin embargo, otras agencias estatales también tienen jurisdicción sobre la infraestructura de las comunicaciones. Por ejemplo, los Departamentos de Transporte (DOT) estatales tienen jurisdicción sobre los derechos de paso y, por lo tanto, supervisan la construcción de carreteras y autopistas donde se instalan los postes y los cables de servicios públicos. Los postes y cables de servicios públicos se colocan comúnmente dentro del derecho de paso de las carreteras, ya sea en la superficie o bajo tierra. El DOT tiene la capacidad de permitir o denegar las rutas planificadas de los servicios públicos.

Los DOT estatales también tienen restricciones de peso sobre los vehículos para garantizar la estabilidad y la seguridad de los sistemas de autopistas, particularmente los puentes. Sin embargo, luego de un evento peligroso, las restricciones de peso pueden ser un desafío para los proveedores de servicio porque el apoyo de otros estados puede incluir vehículos que superen el peso máximo especificado. Las comunidades pueden trabajar con estados y proveedores de servicio en sus esfuerzos de planificación para resolver este desafío, de modo que los puentes no estén sujetos a cargas excesivas de vehículos y los proveedores de servicio puedan planificar rutas para el apoyo del equipo de reparación de emergencia después de eventos peligrosos.

22.4.3. Local

El gobierno local tiene jurisdicción sobre la infraestructura de las comunicaciones mediante una cantidad de agencias. El Departamento de construcción (DOB, por sus siglas en inglés), o su equivalente, es responsable de hacer cumplir el código de edificación local. El DOB regula la ubicación de los equipos eléctricos, la energía de reserva y el almacenamiento de combustible en las instalaciones críticas de las comunicaciones, como las centrales telefónicas y los IXP [Ciudad de Nueva York 2013].

Las ciudades grandes, como la ciudad de Nueva York, Chicago, Los Ángeles y Seattle tienen sus propios DOT. Estos DOT locales supervisan la construcción de carreteras y los derechos de paso asociados para los servicios públicos (incluida la infraestructura de las comunicaciones). Muchas pequeñas municipalidades tienen una Oficina de Planificación de Transporte, que cumple una función similar.

Los gobiernos locales también regulan las políticas de zonificación y el uso de la tierra. Las políticas de zonificación pueden afectar el desempeño del sistema de infraestructura de las comunicaciones porque pueden prohibir que los proveedores de servicios instalen torres celulares, generadores de reserva o líneas de distribución en ubicaciones que son necesarias para proporcionar redundancia en sus sistemas. Las comunidades y los proveedores de servicios pueden trabajar juntos para comprender la manera en que las políticas de zonificación y otras normativas locales pueden afectar las estrategias de resiliencia y resolver algunos de los conflictos que pueden existir.

22.4.4. Jurisdicción superpuesta

Una cantidad de organismos reguladores tiene jurisdicción sobre distintos servicios prestados en los complejos paquetes de combinaciones que les ofrecen actualmente los proveedores de servicios a los clientes. Por ejemplo, un paquete combinado de teléfono, Internet y cable funciona bajo la jurisdicción de agencias locales (cable) y federales (Internet y VoIP) [Ciudad de Nueva York 2013]. Además, el cambio de las líneas telefónicas tradicionales a VoIP hace que los servicios de un cliente cambien de la regulación provista por las agencias estatales a la provista por las agencias federales. A medida que la tecnología continúa evolucionando, posiblemente la jurisdicción sobre los servicios continúe cambiando de un nivel de gobierno a otro. Si se sigue la tendencia actual de que cada vez más servicios se basen en Internet, es posible que una gran proporción de servicios quede bajo las regulaciones de las agencias federales.

22.5. Códigos y normas

La industria de la comunicación utiliza códigos y normas para establecer los criterios mínimos aceptables para el diseño y la construcción. Se han desarrollado muchas normas para la infraestructura de las comunicaciones, como las del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés), la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA, por sus siglas en inglés) y los Estándares de Construcción de Equipos de Redes (NEBS, por sus siglas en inglés). La Tabla 15-2 muestra las normas analizadas en este capítulo: TIA-222-G para las torres celulares y de transmisión, ASCE 7 para los edificios de las comunicaciones (centrales telefónicas, IXP, etc.) y NESC para las líneas de distribución.

Tabla 15-2: Ejemplos de códigos y normas de comunicación tratados en este capítulo

Código/norma	Descripción
Normas Estructurales para Estructuras de Apoyo de Antenas y Antenas TIA-222-G	Especifica los requisitos de carga y fuerza para las antenas y sus estructuras de apoyo (p. ej., torres celulares y de transmisión) [Erichsen 2014].
Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras ASCE 7-10	Proporciona criterios mínimos de carga para los edificios que albergan los equipos críticos de las comunicaciones (es decir, edificios de las comunicaciones). También proporciona criterios de carga para las torres.
Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESEC) del IEEE	Norma estadounidense que proporciona requisitos para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento seguros de la energía eléctrica, la energía de reserva y los sistemas de comunicación (cableado aéreo y subterráneo).

22.5.1. Nuevas construcciones

Se utiliza la *norma TIA-222-G* [2006] para el diseño de nuevas torres celulares y de transmisión. Esta versión de la norma TIA-222 incluye el mayor conjunto de cambios desde que se desarrolló por primera vez en 1959 [TIA 2014]. Estos importantes cambios incluyen los siguientes:

- Usar el diseño de los estados límites en lugar del diseño de las tensiones admisibles.
- Cambiar las velocidades de viento de diseño de la milla más rápida a una ráfaga de 3 segundos de acuerdo con ASCE 7 y usar los mapas de viento de ASCE 7.
- Abordar la carga de terremotos desde el primero momento en la norma TIA-222 [Wahba 2003].

Cabe observar que el viento, el hielo y la marejada son problemas predominantes para las torres. Sin embargo, se agregó la carga de terremotos para que pudiera abordarse en regiones altamente sísmicas [Wahba 2003].

Se diseñaron nuevos edificios de comunicaciones (centrales telefónicas, IXP, etc.) para ser consistente con los criterios de la categoría de riesgo III de *ASCE 7-10* y el nivel de desempeño A o B (consulte el Capítulo 12). Por consiguiente, el diseño de los equipos y la energía de reserva dentro de los edificios de la comunicación deben ser consistentes con el desempeño del edificio. Como mínimo, se deben diseñar edificios de acuerdo con los criterios de carga de ASCE para los peligros predominantes de la comunidad, que incluyen inundaciones, nieve/hielo, terremotos y vientos. Se han desarrollado criterios de carga de viento utilizados por ASCE 7-10 con vientos huracanados y extratropicales. En ASCE 7-10, no se abordan explícitamente otros peligros naturales que pueden provocar daños importantes, como incendios forestales, tsunamis y tornados. Sin embargo, como se analizó en el Capítulo 12, se encuentran disponibles las normas de protección contra incendios que pueden utilizarse para mitigar posibles daños de incendios de edificios.

Las líneas de distribución para el sistema de comunicación están sujetas a los criterios de diseño en el *Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESEC)*. Tal como se analizó en el Capítulo 13, la Regla 250 contiene los criterios de carga de peligros para las líneas de comunicación y de energía eléctrica, así como sus estructuras de apoyo (p. ej., postes de servicios públicos). Específicamente, estos criterios abordan cargas combinadas de hielo y viento para tres distritos de los Estados Unidos definidos como los siguientes: 1) fuerte, 2) medio y 3) ligero, según lo que señala la Regla 250B. La Regla 250C aborda la

carga extrema de vientos y la Regla 250D proporciona criterios de diseño para el hielo extremo con vientos concurrentes.

La definición del término “extremo” según NESC no corresponde a la que se utiliza en esta Guía. Más bien, NESC-2012 utiliza el término “extremo” para indicar el uso de los mapas de ASCE 7-05 para el período de retorno de 50 años, que, si se usa con los factores de carga y resistencia apropiados de ASCE 7-05, corresponde al evento de *diseño* según lo definido en el Capítulo 4 (Volumen I) de esta Guía. Sin embargo, las cargas extremas de NESC solo se aplican a estructuras de menos de 18 m (60 pies) sobre la superficie. Dado que la mayoría de las líneas de distribución de comunicaciones en la última milla están por debajo de 18 m (60 pies), las líneas estarían diseñadas para la Regla 250B, que tiene requisitos de carga más bajos que las Reglas 250C y D.

En el caso de los cables de distribución de comunicación, el diseñador podría utilizar NESC o ASCE 7. Malmedal y Sen [2003] demostraron que las normas de carga de ASCE 7 del pasado han sido más conservadoras que las de NESC, en particular para la carga de hielo. Los criterios de diseño de ASCE 7 proporcionarían un diseño más conservador, pero puede tener un mayor costo que no es deseable para los servicios públicos, proveedores de servicios o clientes. Al considerar la resiliencia, un medio más eficaz para alcanzar los objetivos de resiliencia comunitaria puede ser el uso de un diseño más conservador para las líneas de distribución de comunicación en la última milla hasta las instalaciones críticas.

En la industria de la comunicación, los códigos y las normas proporcionan una línea de base para la carga y el diseño de la infraestructura. Sin embargo, la industria depende en gran medida del desarrollo y la aplicación de las mejores prácticas, en lugar de las normativas, para mejorar su resiliencia de infraestructura. El CSRIC de la FCC es un excelente ejemplo de un organismo que complementa los códigos y las normas existentes al desarrollar y publicar las mejores prácticas para los distintos tipos de redes (Internet/datos, telefonía inalámbrica y fija) y proporciona una articulación de las funciones de la industria, incluidos los proveedores de servicio, los operadores de redes, los proveedores de equipos, los administradores de la propiedad y el gobierno [CSRIC 2014]. Los proveedores de servicios a menudo adaptan estas prácticas o desarrollan sus propias mejores prácticas para ayudar a mejorar la infraestructura de la que depende su negocio. Las mejores prácticas desarrolladas por el CSRIC abarcan una amplia variedad de temas que van desde la capacitación y el conocimiento hasta la seguridad cibernética y las operaciones de la red. A los fines de este documento, solo se enumeran algunas de las buenas prácticas desarrolladas por el CSRIC (consulte la Tabla 15-3) que se relacionan con la infraestructura de comunicaciones físicas.

Como se muestra en la Tabla 15-3, las mejores prácticas incluyen muchas sugerencias analizadas en este capítulo: 1) energía de reserva para los equipos y los emplazamientos de celdas críticos, 2) soluciones de reserva para enfriar los equipos críticos en los edificios de comunicación, 3) limitar la exposición de las líneas de distribución, equipos críticos y generadores de reserva a los peligros y 4) minimizar los puntos únicos de falla en los edificios de comunicaciones y en la red de distribución. Las mejores prácticas [CSRIC 2014] hacen hincapié en asegurar un suministro de energía porque los sistemas de comunicaciones dependen de los sistemas de energía para funcionar. En el Capítulo 13, se siguen desarrollando y analizando las tecnologías y soluciones innovadoras para mantener la infraestructura de energía externa.

Tabla 15-3: Ejemplo de las mejores prácticas para la infraestructura de las comunicaciones

Descripción de las mejores prácticas [CSRIC 2014]	Infraestructura aplicable
Los operadores de redes, los proveedores de servicios, los proveedores de equipos y los administradores de propiedad deben asegurar la inclusión de los retornos de las escaleras de incendio en sus diseños de seguridad física. Además, deben garantizar de que no haya reentradas de escalera de emergencia o de incendios en zonas de infraestructura crítica, donde lo permita el código.	Centrales telefónicas, nodos, equipos críticos
Los operadores de redes y los proveedores de servicios deben prepararse para las fallas de los ventiladores de HVAC o de los gabinetes, asegurándose de que los ventiladores tradicionales estén disponibles para enfriar los equipos sensibles al calor, según corresponda.	Equipos críticos
Los operadores de redes y proveedores de servicios deben consultar las Normas de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (p. ej., NFPA 75 y 76) para obtener orientación en el diseño de sistemas de extinción de incendios. Cuando las normativas de zonificación necesitan sistemas de riego, se debe buscar una exención para el uso de sistemas no destructivos.	Centrales telefónicas, nodos, equipos críticos
Los operadores de redes deben proporcionar energía de reserva (p. ej., algunas combinaciones de baterías, generadores, celdas de combustible) en los emplazamientos de celdas y ubicaciones de equipos remotos de acuerdo con las restricciones específicas del lugar, la carga de diseño y la confiabilidad de la energía principal.	Emplazamientos de celdas y DLC RT
Los operadores de redes y los administradores de propiedades deben considerar las medidas alternativas para enfriar las instalaciones de los equipos de red (p. ej., alimentación de HVAC en el generador, despliegue de unidades móviles de HVAC) en el caso de que se produzca un corte eléctrico.	Centrales telefónicas, nodos, equipos críticos
Los operadores de redes, los proveedores de servicios y los administradores de propiedades, junto con la empresa de energía eléctrica y demás inquilinos en la ubicación, deben verificar que las líneas eléctricas aéreas no entren en conflicto con los peligros que podrían producir una pérdida de servicio durante vientos fuertes o condiciones de hielo.	Líneas de distribución
Energía de reserva: los operadores de redes, los proveedores de servicios, los proveedores de equipos y los administradores de propiedades deben asegurar que todas las instalaciones de infraestructura crítica, incluidos los equipos de seguridad, dispositivos y los electrodomésticos que la protegen, estén respaldados por sistemas de energía de reserva (p. ej., baterías, generadores, celdas de combustible).	Centrales telefónicas, nodos, equipos críticos
Los operadores de redes, los proveedores de servicios y los administradores de propiedades deben considerar la posibilidad de colocar toda la energía y el equipo de la red en un lugar para aumentar la confiabilidad en caso de peligro (p. ej., inundaciones, cañerías rotas de agua, derrames de combustible). En zonas de marejadas, considere la posibilidad de colocar todo el equipo relacionado con la energía por encima de los niveles más altos previstos o registrados de marejadas.	Centrales telefónicas, nodos, emplazamientos de celdas, DLC RT, equipos críticos
Los operadores de redes, los proveedores de servicios y los administradores de propiedades y seguridad pública deben diseñar los sistemas de reserva (p. ej., energía) para resistir condiciones ambientales adversas.	Equipos críticos
Los operadores de redes, los proveedores de servicios y los administradores de propiedades y seguridad pública, cuando sea posible, deben proporcionar múltiples puntos de entrada de cables en instalaciones críticas (p. ej., conductos de cobre o fibra), lo que evita puntos de falla únicos (SPOF).	Líneas de distribución
Los proveedores de servicios, operadores de redes y administradores de propiedades y seguridad pública deben asegurar la disponibilidad de energía de emergencia/reserva (p. ej., baterías, generadores, celdas de combustible) para mantener los servicios críticos de comunicaciones durante los momentos de fallas de energía comercial, incluidos los casos naturales y provocados por el hombre (p. ej., terremotos, inundaciones, incendios, cortes y cortes parciales de energía, terrorismo). Los generadores de energía de emergencia/de reserva se deben ubicar en el lugar, cuando sea adecuado.	Equipos críticos
Los operadores de redes y proveedores de servicios deben minimizar los puntos de falla únicos (SPOF) en los trayectos que enlazan elementos de red considerados críticos para el funcionamiento de una red (con este diseño, es necesario que se produzcan dos o más fallas o errores simultáneos para provocar la interrupción de un servicio).	Distribución

Descripción de las mejores prácticas [CSRIC 2014]	Infraestructura aplicable
Suministro de combustible de reserva: los operadores de redes, proveedores de servicios y administradores de propiedad deben considerar la posibilidad de usar generadores de combustible alternativos fijos (p. ej., gas natural) conectados a suministros de servicios públicos para reducir la presión sobre el reabastecimiento de combustible.	Centrales telefónicas/nodos, emplazamientos de celdas, DLC RT, equipos críticos
Los operadores de redes y la seguridad pública deben identificar el transporte principal y alternativo (p. ej., aéreo, ferroviario, por carretera, marítimo) para las unidades móviles de emergencia y otros equipos y personal.	Emplazamientos de celdas, DLC RT, equipos críticos

22.5.1.1. Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño

En los casos de eventos de viento, los edificios y demás estructuras normalmente están diseñados para la facilidad de mantenimiento, lo cual se enfoca en el desplazamiento lateral de edificios altos, la vibración del piso y las medidas relacionadas con la función del edificio o la comodidad de los ocupantes. Por lo tanto, en un evento de viento de diseño, la expectativa es que ni la estructura ni el cerramiento del edificio fallen. La capacidad de buen funcionamiento del cerramiento del edificio (es decir, mantenerse intacto) es imprescindible para los eventos de vientos fuertes porque se asocian generalmente con eventos de lluvias fuertes (p. ej., tormentas eléctricas, huracanes, tornados). Por lo tanto, incluso si funcionara bien el armazón del edificio, pero fallara el cerramiento, la infiltración de la lluvia podría dañar el contenido y los equipos críticos, y provocar suficientes daños relacionados con el agua hasta el punto de que posiblemente se deba reemplazar el edificio. La expectativa de diseño es que un edificio de comunicaciones no sufra ningún daño importante en un evento de viento de diseño y que quede completamente en funcionamiento en 24 horas. Las 24 horas de tiempo de inactividad solo deben ser necesarias en caso de vientos fuertes para que haya tiempo de poner en línea los generadores de reserva si se necesitan, y para asegurar que no se dañen los interruptores ni los equipos eléctricos críticos.

De manera similar, en el caso de un evento de inundación de diseño, no se espera que falle un edificio de comunicaciones. Es probable que se produzcan daños en el edificio y en su contenido a menor altura, especialmente en el sótano. Sin embargo, si se ubican los equipos eléctricos críticos, los conmutadores y la energía de reserva bien por encima de los niveles de inundación, la expectativa de diseño sería que los edificios de comunicaciones estuvieran completamente en funcionamiento dentro de las 24 horas del evento.

Para los terremotos, se diseñan edificios para la seguridad vital a través de la estabilidad estructural, pero pueden suceder daños. Por lo tanto, es probable que se dañen los edificios de comunicaciones en regiones altamente sísmicas durante el terremoto de diseño. Como resultado, es probable que haya alguna, y posiblemente importante, pérdida de funcionalidad de la central telefónica luego de un evento de terremoto de diseño. Si los equipos críticos y los conmutadores fueron diseñados y montados para resistir las aceleraciones anticipadas de la tierra, el tiempo de inactividad puede ser limitado (p. ej., menos de una semana). Sin embargo, si los equipos críticos y los conmutadores no fueron montados para resistir las aceleraciones de la tierra, podría pasar mucho más tiempo antes de que el edificio de comunicaciones vuelva a estar completamente en funcionamiento nuevamente.

Para las torres celulares y de transmisión, el principal peligro considerado para el diseño en TIA-222-G es el viento. Sin embargo, también se consideran el hielo y los terremotos. TIA-222-G proporciona tres clases de estructuras de torres [Wahba 2003]:

- **Estructuras de categoría I:** se utiliza para estructuras donde sería aceptable un retraso en la recuperación de los servicios. El hielo y los terremotos no se consideran para estas estructuras y las velocidades del viento se basan en la categoría de riesgo I de ASCE 7-05.

- **Estructuras de categoría II:** es la categoría normalizada que representa un peligro para la vida humana y la propiedad si se produce una falla. Se utilizan las cargas de viento, hielo y sísmicas de la categoría de riesgo II de ASCE 7-05.
- **Estructuras de categoría III:** se utilizan para servicios críticos y de emergencia. Se utilizan las cargas de viento, hielo y sísmicas de la categoría de riesgo III de ASCE 7-05.

En el caso del evento de diseño, solo se anticiparían las fallas para un pequeño porcentaje de torres celulares (p. ej., menos del cinco por ciento). Se observa que, tal como se analizó en la sección anterior, la carga en TIA-222-G se basa en la de ASCE 7-05. Las torres celulares se configuran de manera tal que hay una superposición en el servicio entre torres, por lo que se puede transmitir la señal a medida que el usuario se desplaza de una zona a otra sin que se produzca una perturbación en el servicio. Por lo tanto, si falla una torre, las otras torres cubrirán la mayor parte del servicio ya que se superponen sus zonas de servicio.

Puede ser probable que los cables de distribución de comunicaciones experimenten algunas fallas en el evento de diseño, particularmente en el caso de tormentas de viento y hielo. Tal como se analizó en la sección anterior, la mayoría de las líneas de distribución en la última milla están por debajo de los 18 m (60 pies) sobre el nivel del suelo y, por lo tanto, no están diseñadas para cumplir con lo que define el Capítulo 4 (Volumen 1) como el evento de diseño si se sigue la Regla 250B de NESC para el diseño. En el caso de las líneas diseñadas para cumplir con las Reglas 250C y 250D de NESC, se anticipa que solo fracasaría un pequeño porcentaje de fallas del cable aéreo en un evento de diseño de hielo o viento. Sin embargo, como se analizó antes en este capítulo y en el Capítulo 13, la caída de árboles en las líneas de distribución causa más fallas que la carga del peligro natural por sí solo. Por lo tanto, los proveedores de servicios deben trabajar con la empresa de energía eléctrica para asegurar que se mantengan sus programas de poda de árboles. Los proveedores de servicios y las empresas de energía eléctrica también deben trabajar con las comunidades para asegurar que sus residentes comprendan los riesgos de no mantener un programa enérgico de poda de árboles.

22.5.1.2. Niveles de recuperación

Para las líneas de distribución, la ubicación de los cables es un factor clave en el desempeño durante los eventos peligrosos. Sin embargo, se pueden esperar algunos daños en las líneas de distribución para un evento de diseño.

Si las líneas de distribución se encuentran bajo tierra, se deben limitar las fallas y el tiempo de recuperación en caso de eventos de vientos fuertes o hielo, aunque el desarraigo de árboles puede causar daño a estas líneas. Durante una inundación, si no se protegen las líneas de distribución de forma adecuada o si ha habido degradación del material del cable, podrían ocurrir fallas. Durante los terremotos, las fallas en las líneas subterráneas pueden deberse al movimiento del suelo o a la licuefacción. Tal como se analizó en la Sección 15.2.1, aunque es posible que las líneas subterráneas sean menos susceptibles a los daños, es más difícil acceder a ellas para repararlas y las fallas podrían dar como resultado tiempos de recuperación de semanas en lugar de días.

Si las líneas de distribución son aéreas, los eventos de vientos fuertes y hielo pueden generar fallas, principalmente debido a la caída de árboles u otros impactos de escombros en las líneas. Los impactos de escombros en las líneas de distribución son un factor que varía a nivel local debido al entorno y a los programas de poda de árboles que tienen la intención de limitar estas perturbaciones. Aunque es más probable que las líneas de distribución aéreas fallen durante eventos de vientos fuertes y hielo, el tiempo de recuperación y reparación para un evento de diseño puede variar de unos pocos días a unas pocas semanas. El tamaño de la zona afectada, los recursos disponibles y la accesibilidad a las rutas de transporte pueden afectar el tiempo de recuperación. Cabe observar que esto solo tiene en cuenta la reparación de las líneas de distribución de comunicación. Otra consideración importante es la

recuperación de las líneas de energía externa para que el usuario pueda usar sus dispositivos de comunicación. El Capítulo 13 aborda las normas y los códigos y sus niveles de desempeño implícitos para un evento de diseño.

22.5.2. Construcción existente

Posiblemente, los edificios de comunicación diseñados y construidos en los últimos 20 años hayan sido creados con los criterios de carga mínimos de ASCE 7-88 a ASCE 7-05. Antes de eso, es posible que se hayan utilizado las normas ANSI. Se han producido muchos cambios en los criterios de carga de diseño y en la metodología a lo largo de la vida útil de las centrales telefónicas existentes. Sin embargo, se necesitan considerar factores adicionales al momento de evaluar el tiempo esperado para la recuperación de la función luego de un evento peligroso, como los materiales de construcción, el mantenimiento y los recursos necesarios para apoyar la reparación y la recuperación de la función.

Tal como se analizó en la Sección 15.5.1, TIA-222-G es la versión actual de la norma utilizada para las torres celulares y de transmisión. Sin embargo, se utilizó la norma de 1996, ANSI/TIA-222-F, durante el mayor crecimiento y construcción de torres en los Estados Unidos [TIA 2014]. Tal como se indicó en la Sección 15.5.1, no se consideraron los terremotos en esta versión de la norma y se utilizó el diseño de las tensiones admisibles en lugar del diseño de estado límite, que se basa en la teoría de la confiabilidad [Wahba 2003].

Históricamente, se han diseñado las líneas de distribución de comunicación de acuerdo con las normas del NESC. Los siguientes puntos enumeran algunos de los cambios más importantes a la Regla 250 del NESC que se han producido en las últimas dos décadas [IEEE 2015]:

- Antes de 1997, el NESC no tenía una carga de viento extrema. La regla 250C adoptó los mapas de viento de ASCE 7.
- En 2002, se introdujo la Regla 250A4 para establecer que no se prevé que los terremotos determinen el diseño, ya que los cables eléctricos y de comunicación y sus estructuras de soporte son flexibles.
- En 2007, se introdujo la Regla 250D para el diseño de hielo extremo de lluvia helada combinada con viento.

Estos cambios y sus períodos de tiempo indican que las líneas de distribución más antiguas pueden ser más vulnerables a las fallas causadas por los eventos de viento y hielo que los sistemas más nuevos. Sin embargo, la adopción de las nuevas normas por parte del NESC debería contribuir a mejorar el desempeño de las líneas aéreas de distribución.

22.5.2.1. Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro de diseño

Tal como se analizó en la sección anterior, ANSI/TIA-222-F (la norma de 1996) se encontraba vigente cuando se produjo el mayor crecimiento y construcción de torres celulares [TIA 2014]. Para el viento y el hielo, se prevé que las torres diseñadas de acuerdo con esta norma solo tendrán un pequeño porcentaje de fallas para el evento de diseño como se analiza en la Sección 15.5.1.1. Sin embargo, no se incluyeron las cargas de los terremotos en las normas de las torres celulares antes de TIA-222-G [Wahba 2003]. Aunque los terremotos normalmente no determinen el diseño de las torres celulares, las que se ubican en regiones altamente sísmicas pueden ser susceptibles a las fallas si se produce un terremoto. Para las torres existentes diseñadas de acuerdo con normas distintas a TIA-222-G en regiones altamente sísmicas, se debe evaluar el diseño para ver si las cargas de terremotos lo determinan, y si es necesario, se deben identificar los reacondicionamientos para cumplir con los objetivos de desempeño. También se deben

actualizar las torres existentes en las zonas sísmicas con componentes electrónicos para cumplir con los requisitos de TIA-222-G. A pesar de la falta de criterios de carga de terremotos en TIA-222-F, y de versiones más antiguas de esta norma, es posible que los diseñadores en regiones altamente sísmicas consideren la carga sísmica utilizando otras normas, tales como ASCE 7.

En grandes centros urbanos, se pueden ubicar las torres celulares en los edificios. Algunos de estos edificios pueden ser antiguos y de una condición desconocida. Como resultado, las fallas del edificio pueden conducir a la pérdida de la torre celular. Por lo tanto, al momento de ubicar las torres celulares en la parte superior de los edificios, se debe considerar la condición general de estos.

Como se analizó en la Sección 15.5.1.2, se prevé que algunas líneas de distribución de comunicación fallen durante un evento de diseño. Dado que no se incluyó la carga extrema de hielo en la norma NESC hasta 2007, las líneas de distribución diseñadas según los códigos anteriores pueden ser vulnerables a las tormentas de hielo.

22.5.2.2. Niveles de recuperación

Para las cargas de viento, se puede esperar que muchos edificios de comunicaciones y torres celulares y de transmisión funcionen razonablemente bien durante un evento de diseño y tengan un período de recuperación corto. Sin embargo, dado que las normas más antiguas de TIA-222 no incluían criterios de carga de terremotos, se puede producir una gran cantidad de fallas durante un evento sísmico y, por lo tanto, puede ser necesario un tiempo de recuperación importante para reparar o reemplazar las torres. El reemplazo de una gran cantidad de torres llevaría semanas, meses o incluso años según el tamaño de la zona afectada.

Los proveedores de servicio tienen la capacidad de proporcionar camiones de carga celular (COLT, por sus siglas en inglés) como medidas provisionales para que se puedan conectar las comunicaciones inalámbricas esenciales con rapidez luego de un evento peligroso en el que la red experimenta perturbaciones importantes [AT&T 2014]. Sin embargo, los COLT solo están destinados a situaciones temporarias o de emergencia. Además, los proveedores de servicio pueden tener métodos y soluciones alternativas para restaurar el servicio. Para los propietarios de torres celulares en regiones propensas a terremotos, la resiliencia en el sistema de infraestructura de las comunicaciones debe considerar enfoques para asegurar que las torres celulares puedan funcionar según sea necesario para el diseño de eventos de terremotos.

Como se analizó en la Sección 15.5.1.2, con respecto al desempeño de las líneas de distribución, el desempeño y el tiempo de recuperación depende en gran medida de la ubicación de los cables (es decir, aéreos frente a subterráneos).

22.6. Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria

22.6.1. Orientación disponible

Existen tres niveles en los que se puede evaluar la infraestructura de las comunicaciones según las prácticas de la industria y son los siguientes:

Nivel 1: las personas que tengan conocimiento y experiencia acerca de la manera en que se comportarán los componentes y el sistema durante un evento peligroso pueden completar una evaluación de alto nivel del desempeño previsto de los componentes del sistema de infraestructura de las comunicaciones. En el caso de los edificios de comunicaciones, esto puede incluir a ingenieros y diseñadores estructurales y eléctricos. Para los cables (tanto aéreos como subterráneos) y torres celulares, puede incluir a ingenieros,

operadores de servicios públicos, proveedores de servicios y personal técnico. Cada comunidad debe completar como mínimo una evaluación de alto nivel (Nivel 1) de su infraestructura. La comunidad puede entonces decidir si se necesitan inversiones adicionales para completar una evaluación más detallada. El Marco SPUR [SPUR 2009] adoptó este enfoque de alto nivel al evaluar su infraestructura para la ciudad de San Francisco, y se considera un muy buen ejemplo de la labor realizada hasta la fecha.

Nivel 2: se puede realizar una evaluación más detallada, según un inventario de las características habituales dentro de un sistema de infraestructura de las comunicaciones, para desarrollar características generalizadas para diversos componentes. Para hacerlo, la comunidad necesitaría evaluar el desempeño de los componentes comunes de su sistema de infraestructura para una magnitud específica de un evento (es decir, simular y analizar una situación hipotética de un evento y sus impactos resultantes). Como alternativa, la comunidad podría evaluar una situación hipotética de un evento peligroso para calcular las cargas y los efectos (velocidades y presiones del viento, aceleraciones de la tierra, elevaciones de inundaciones) y utilizar el criterio de expertos para estimar el desempeño previsto de distintos componentes de la infraestructura de las comunicaciones.

Una evaluación de la infraestructura de las comunicaciones del Nivel 2 incluye la respuesta de los componentes habituales independientes de las dependencias dentro del sistema de infraestructura. El plan de resiliencia de Oregón [OSSPAC 2013] brinda un buen ejemplo de simulación de un evento peligroso para evaluar los impactos resultantes en la infraestructura actual. Utilizó Hazus [FEMA 2015] para simular y determinar los impactos de un terremoto de Cascadia en los sistemas de infraestructura y usó las pérdidas producidas por la herramienta Hazus para retrocalcular el estado actual de la infraestructura.

Nivel 3: para realizar una evaluación más detallada, el Nivel 3 incluiría todos los componentes en el sistema de infraestructura de comunicaciones, las intradependencias dentro del sistema y las dependencias de otros sistemas de infraestructura. Para cada componente del sistema de infraestructura de comunicaciones podría desarrollarse un enfoque probabilístico, como las fragilidades. Una evaluación de Nivel 3 usaría modelos y herramientas para determinar los efectos de la carga en la infraestructura debido al peligro y el desempeño resultantes, incluidas las dependencias. Actualmente, no existen herramientas disponibles al público que puedan utilizarse para modelar las dependencias entre los sistemas de infraestructura.

22.6.2. Soluciones para construcciones futuras

Para las construcciones futuras, se incentiva a los diseñadores a considerar la mejor manera de lograr los objetivos de resiliencia comunitaria en lugar de diseñar de acuerdo con los requisitos mínimos del código. Es importante tener en cuenta la infraestructura de las comunicaciones porque una falla de una parte puede afectar el resto del sistema. Por lo tanto, si un componente crítico no es redundante (p. ej., una única central telefónica o un único punto de entrada para los cables telefónicos a una instalación crítica), las soluciones podrían incluir la redundancia futura o un mejor rendimiento del componente a través de su reacondicionamiento o reemplazo.

A lo largo de este capítulo, hay ejemplos de historias de éxito y fallas de la infraestructura de las comunicaciones debido a los diferentes tipos de peligros (vientos, inundaciones, terremotos, tormentas de hielo). Los diseñadores, planificadores y encargados de tomar decisiones deben considerar estos ejemplos, así como también otros ejemplos importantes al momento de planificar y construir una nueva infraestructura de las comunicaciones. Existen muchas soluciones administrativas y de construcción que se pueden utilizar para mejorar la resiliencia de los sistemas de infraestructura de las comunicaciones con éxito en una comunidad.

Soluciones de construcción para futuras construcciones de comunicaciones. Con respecto a los edificios de comunicaciones que son propiedad de los proveedores de servicios, estos pueden incorporar los requisitos de diseño para el desempeño deseado del edificio crítico durante un evento peligroso. Si una comunidad o región enfrenta muchos peligros, pueden producirse diferentes modos de fallas y se prevén diferentes niveles de daño y tiempo de recuperación.

Los proveedores de servicios a menudo alquilan las secciones de los edificios para almacenar sus equipos de mantenimiento y reparación. La evaluación de los edificios alquilados apoyará la disponibilidad de los equipos necesarios luego de un evento peligroso. Si un edificio se encuentra en la etapa de diseño, el proveedor de servicios posiblemente podría trabajar con el propietario y los diseñadores para asegurar que su(s) sección(es) funcionen de la manera deseada. Puede haber costos iniciales adicionales con este enfoque. Sin embargo, se puede considerar una relación costo-beneficio de la inversión entre la inversión y la pérdida de los equipos críticos necesarios para restaurar los servicios.

Soluciones administrativas para futuras construcciones de comunicaciones. Aunque es importante tener en cuenta el diseño y la construcción de edificios que albergan equipos críticos para la red de comunicaciones, las soluciones administrativas también son eficaces. Los proveedores de servicios que poseen o alquilan edificios para servicios de comunicaciones deben considerar cómo reducir las vulnerabilidades a los peligros. Por ejemplo, las centrales telefónicas vulnerables a las inundaciones pueden ubicar equipos eléctricos críticos o generadores de reserva por encima de los niveles de inundación de diseño. De la misma manera, para las zonas propensas a los terremotos, los proveedores de servicio pueden aislar o montar equipos críticos para asegurarse de su funcionamiento luego de un evento peligroso.



Figura 15-7: Puerta estanca utilizada en la central telefónica en Kamaishi, Japón

Una alternativa a la elevación de todos los equipos críticos es protegerlos para que el agua no ingrese en la central telefónica durante un evento de inundación. A menudo se usan sacos de arena en América del Norte para proteger temporalmente los edificios o sus aberturas de las inundaciones. Sin embargo, las barreras de sacos de arena no siempre son eficaces. Tras el terremoto y tsunami de magnitud 9,0 en la región del Gran Tohoku de Japón en 2011, Kwabinski [2011] observó que las puertas estancas realizaron bien su función en las zonas que experimentaron daños importantes y demostraron su eficacia en evitar la inundación de los equipos electrónicos críticos en las centrales telefónicas. Se pueden utilizar puertas estancas, como la que se muestra en la Figura 15-7, para evitar que ingrese agua en una central telefónica

durante una inundación. Es posible que otras aberturas, como las ventanas, necesiten estar selladas de manera eficaz [Kwasinski 2011].

Soluciones de construcción para futuras torres celulares y de transmisión. Para cumplir con los objetivos de desempeño, los criterios de diseño para las futuras torres celulares y de transmisión pueden incluir requisitos que cumplan con la norma TIA-222-G, así como otros criterios necesarios para cumplir con el desempeño deseado. En el caso del viento y el hielo, se espera que, si se diseñan y construyen las torres de acuerdo con las normas adecuadas, solo se dañaría o fallaría un pequeño porcentaje de torres celulares en un evento de diseño. Con respecto a un evento de terremoto, donde la filosofía de diseño es la seguridad vital, puede ser necesario considerar el diseño más allá de los criterios de las normas.

Soluciones administrativas para futuras torres celulares y de transmisión. Históricamente, la causa principal de los cortes de las torres celulares ha sido la pérdida de energía eléctrica. Tal como se analizó en la Sección 15.2.2, los tribunales eliminaron el intento de la FCC de ordenar un mínimo de ocho horas de energía de reserva de la batería para superar este problema. Sin embargo, los proveedores de servicios deben considerar la manera de proporcionar energía de reserva adecuada y asegurar la disponibilidad de retorno para mantener la funcionalidad luego de un evento peligroso.

Se necesitan diseñar y ubicar adecuadamente los generadores de reserva para las torres. Se dispondrá de generadores de reserva para las torres celulares que se elevan por encima del nivel de inundación de diseño o para superar las aceleraciones de la tierra, con el fin apoyar los esfuerzos de recuperación.

Es necesario que se implemente una protección adicional para las torres celulares y de transmisión. Como se analizó en la Sección 15.2.2, los impactos de los escombros de las marejadas de los barcos resultaron en fallas en las torres celulares. Los impactos de los árboles o las ramas caídas durante los eventos de inundación o viento también podrían resultar en fallas en estas torres. Por lo tanto, puede ser necesario considerar la topografía y los alrededores (p. ej., distancia relativa de árboles o muelles a las torres celulares) para asegurar que se protejan las torres celulares de los impactos de los escombros.

Soluciones para la futura línea de distribución al usuario final. Existen muchos factores que deben tenerse en cuenta para determinar si los cables aéreos o subterráneos son la mejor manera de distribuir los servicios al usuario final. Para las futuras líneas de distribución, los siguientes factores pueden ayudar a identificar qué método utilizar:

- Grupo de edificios al que se distribuyen los servicios
- Peligros predominantes
- Topografía y terreno para las líneas de distribución
- Redundancia o diversidad de trayectos de las líneas de distribución
- Costo/beneficio de los métodos de distribución

El acceso habitual a los servicios públicos del grupo de edificios al que se prestan los servicios es una consideración clave. Los peligros que enfrenta la comunidad pueden ayudar a determinar la manera de reducir la interrupción del servicio al edificio. Por ejemplo, en regiones que son susceptibles a los eventos de vientos fuertes, es probable que los cables aéreos resulten en un desempeño deficiente durante eventos de vientos, a causa de las fallas provocadas por la carga del viento o el impacto de los escombros. La redundancia o la diversidad de trayectos de las líneas de distribución de comunicaciones a los usuarios finales puede mejorar la probabilidad de la continuidad de los servicios luego de un evento peligroso. Por ejemplo, los puntos de falla únicos en la última milla de distribución pueden generar cortes más prolongados.

22.6.3. Soluciones para las construcciones existentes

Al igual que los sistemas futuros, existen muchas soluciones administrativas y de construcción que pueden mejorar la resiliencia de los sistemas de infraestructura de las comunicaciones existentes en una comunidad. Sin embargo, es necesario que se evalúen los componentes existentes para comprender todas las vulnerabilidades. Si se determina que un componente es vulnerable a un evento peligroso, se pueden desarrollar soluciones para abordar la vulnerabilidad y los objetivos de desempeño deseados para la resiliencia comunitaria.

Los sistemas de infraestructura de las comunicaciones son sistemas distribuidos de gran tamaño, en los que gran parte de la infraestructura existente es propiedad de proveedores de servicios o de terceros (por ejemplo, propietarios de edificios). Las comunidades y los proveedores de servicio logran la resiliencia con el tiempo. No es razonable esperar que los proveedores de servicios (o terceros) dispongan de capital para modernizar toda la infraestructura en un breve período de tiempo. La priorización de las soluciones y el desarrollo de estrategias de resiliencia por parte de la comunidad y sus partes interesadas pueden proporcionar un progreso constante para mejorar el desempeño de la comunidad y de los sistemas de infraestructura. Al evaluar el inventario de la infraestructura existente, los proveedores de servicios pueden identificar las debilidades e implementar soluciones para construcciones futuras que eviten los mismos debilitamientos.

Soluciones de construcción para construcciones de comunicaciones existentes. Es necesario que realice una evaluación de los edificios existentes para determinar si los edificios y equipos críticos podrán cumplir con los objetivos de desempeño deseados. Si el edificio es un nodo no redundante en la red de infraestructura, se puede considerar un nivel de rendimiento más alto que el proporcionado por el evento de diseño, como el nivel de peligro extremo. Sin embargo, si el edificio es un nodo redundante y sus fallas no causarían interrupciones importantes del servicio, puede que el evento de diseño proporcione el desempeño adecuado.

Si el proveedor de servicios detecta que su edificio de comunicaciones no podrá soportar la carga para el nivel adecuado de evento de peligro, se pueden tomar medidas para reacondicionar el edificio o para reubicar los servicios en una mejor ubicación. Aunque las opciones de reacondicionamiento pueden ser costosas, si el edificio es fundamental para el desempeño después de un evento peligroso, puede que la inversión valga la pena.

Soluciones administrativas para construcciones de comunicaciones existentes. La evaluación de los equipos críticos en los edificios de comunicaciones u otros nodos/intercambios en la red puede ayudar a determinar si se logrará el desempeño deseado. Se pueden elevar los equipos críticos para eventos de inundación o las puertas estancas son una posible alternativa a la protección de equipos críticos en edificios de comunicaciones contra la infiltración de agua.

Soluciones de construcción para torres celulares y de transmisión existentes. Se deben evaluar las torres celulares y de transmisión existentes para determinar si pueden resistir la carga de los eventos de diseño predominantes que enfrenta la comunidad.

Soluciones administrativas para torres celulares y de transmisión existentes. La evaluación de la energía de reserva necesaria para una torre individual o un grupo de torres puede ayudar a equilibrar el desempeño deseado con los recursos disponibles. Aunque es posible que no sea económicamente factible proporcionar generadores de reserva para todas las torres de manera inmediata, se puede desarrollar un programa para lograr esto con el tiempo. Se debe evaluar el entorno inmediato de los emplazamientos de las torres celulares o de transmisión para determinar las vulnerabilidades a los escombros transportados por el aire y el agua. Si el emplazamiento está ubicado de tal manera que es vulnerable a la caída de árboles u otros escombros en caso de eventos de vientos o inundaciones fuertes, se debe proporcionar protección adicional para proteger la torre celular o de transmisión.

Soluciones para la línea de distribución al usuario final existente. Para las líneas de distribución existentes hasta el usuario final, se debe registrar un inventario de cables, incluyendo el tipo, la antigüedad y la condición. Cuando los cables se dañan o se han deteriorado debido a la antigüedad, se deben retirar o reemplazar.

Si el proveedor de servicios considera cambiar de cables aéreos a subterráneos para evitar posibles cortes debido a eventos de tormentas de hielo o vientos fuertes, un análisis de rentabilidad puede apoyar el proceso de evaluación y toma de decisiones. Si el costo excede los beneficios del proyecto, puede que el proveedor de servicios considere otras prioridades para hacer que la infraestructura sea más resiliente. Por ejemplo, es posible que el proveedor de servicios considere que es más económico añadir redundancia. Esta solución no reduciría la vulnerabilidad de las líneas aéreas existentes, sino que disminuiría el riesgo de interrupciones del servicio.

Soluciones administrativas para instalaciones/usuarios críticos: llamadas priorizadas en una red congestionada. A menudo, la congestión de la red de comunicaciones se produce durante un evento peligroso o inmediatamente después de este. Se han implementado los siguientes programas para ayudar a los usuarios críticos de las comunidades a tener prioridad cuando se congestionen las redes debido a un evento peligroso [DHS 2015]:

- Servicio Gubernamental de Telecomunicaciones de Emergencia (GETS)
- Servicio Inalámbrico Prioritario (WPS)

El GETS trabaja a través de una serie de mejoras en la red fija. Está destinado a ser utilizado inmediatamente después de los eventos peligrosos para apoyar la seguridad nacional y la respuesta ante emergencias. Los teléfonos celulares también pueden utilizar la red de GETS; sin embargo, no recibirán el tratamiento de prioridad hasta que la llamada llegue al sistema de telefonía fija. En cambio, se utiliza el WPS para priorizar las llamadas de los teléfonos celulares de usuarios que apoyan la seguridad nacional y la respuesta ante emergencias cuando se congestiona o se daña de forma parcial la red de telefonía fija. WPS está respaldado por nueve proveedores de servicios: AT&T, C Spire, Cellcom, Southern LINC, Sprint, T-Mobile, GCI, US Cellular y Verizon Wireless [DHS 2015]. La tarjeta del GETS no tiene costo alguno y tiene un pequeño cargo de 7 a 10 centavos por minuto, según el operador. WPS requiere una cuota de configuración única de \$10, una cuota mensual de \$2 a \$4 según el operador y aproximadamente 75 centavos por minuto cuando se hace una llamada prioritaria.

Los programas del GETS y WPS son útiles para coordinar los esfuerzos de recuperación tras un evento peligroso. Sin embargo, el objetivo principal de estos programas es proporcionar servicio prioritario cuando hay congestión debido a los daños limitados y a la capacidad sobrecargada. Si falla una gran parte de la infraestructura, es posible que estos servicios no estén disponibles.

Soluciones administrativas para instalaciones/usuarios críticos: recuperación priorizada. El Telecommunications Service Priority (TSP) [Prioridad de Servicio de Telecomunicaciones] es un programa de la FCC que permite que los proveedores de servicios den prioridad de servicio a los usuarios inscritos en el programa cuando necesitan líneas adicionales o que se restaure el servicio luego de una perturbación [FCC 2015a]. Como GETS y WPS, las entidades elegibles para TSP incluyen departamentos de policía, bomberos, centros de llamadas de 9-1-1, grupos de respuesta ante emergencias y proveedores esenciales de cuidado de salud (p. ej., hospitales).

Soluciones a corto plazo para restaurar el servicio. Los proveedores de servicios pueden presupuestar los cambios necesarios a corto plazo (de 0 a 5 años), que pueden incluir soluciones como la colocación y seguridad de equipos críticos y generadores de reserva. A largo plazo (más de 5 años), los proveedores de servicios pueden abordar brechas de resiliencia más costosas que incluyen el reacondicionamiento de los edificios de comunicaciones existentes y la mejora del desempeño de las líneas de distribución. Sin embargo, es importante comprender que, a diferencia de las empresas de servicios públicos que tienen la

capacidad de financiar mejoras de infraestructura mediante aumentos de tarifas aprobados (p. ej., a través de la Comisión de Servicios Públicos), los proveedores de servicios son parte del sector privado.

Aunque no se pueden abordar todas las brechas de resiliencia a corto plazo mediante la inversión en infraestructura, los proveedores de servicios pueden utilizar otras opciones para abordar estas brechas. Asegurarse de que existe un plan de recuperación para que no se pierda el servicio a los clientes durante un período de tiempo prolongado ayuda a minimizar el tiempo de inactividad. Por ejemplo, el equipo de recuperación de red para casos de desastres (NDR, por sus siglas en inglés) de AT&T utiliza aplicaciones temporarias para minimizar las perturbaciones de servicios que se enfocan en la central telefónica y la recuperación de tecnología [AT&T 2005]. También tiene una función de operaciones especiales que navegaría en entornos de materiales peligrosos (Hazmat) para mantener la funcionalidad de la red.

Luego de los eventos peligrosos, los proveedores de servicios podrían desplegar estaciones de carga para que todos en la comunidad puedan mantener la funcionalidad de sus teléfonos celulares. Puede que las comunidades también elijan invertir en estaciones de carga que podrían implementarse luego de eventos peligrosos, para que la comunidad las tenga previamente ubicadas en las zonas que consideren más críticas o que tengan el mayor porcentaje de necesidad.

El uso de teléfonos satelitales puede ser una alternativa para las instalaciones críticas o los grupos de respuesta ante emergencias inmediatamente después de un evento peligroso. Los teléfonos satelitales son casi el único tipo de sistema de comunicaciones electrónicas que funcionará cuando se dañen las torres celulares y hayan fallado las oficinas centrales o de intercambios/nodo [Stephan 2007]. Desafortunadamente, no se usan con frecuencia los teléfonos satelitales, especialmente con el crecimiento continuo de los teléfonos celulares. En 1999, el estado de Luisiana utilizó los fondos federales para proporcionarles a las parroquias estatales un teléfono satelital en el caso de que se produzca una emergencia, pero el estado dejó de suministrar los fondos para cubrir una cuota mensual de acceso de \$65 un año antes de que ocurriera el huracán Katrina [Stephan 2009]. Como resultado, solo una pequeña cantidad de iglesias mantuvieron sus teléfonos satelitales. Sin embargo, incluso para aquellas parroquias que mantuvieron sus teléfonos satelitales, no se pudo hacer mucho para aliviar los problemas de comunicaciones porque nadie más los tenía cuando ocurrió el huracán Katrina. En general, las personas no poseen teléfonos satelitales, por lo que esta no es la mejor solución para toda una comunidad. Sin embargo, para las instalaciones críticas y las comunicaciones entre los grupos de respuesta ante emergencias o dentro de las instalaciones críticas (p. ej., hospitales), es posible que los teléfonos satelitales sean una opción viable para asegurar que se preserve la capacidad de comunicación.

22.7. Referencias

Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA 2006) *Power Systems, Water, Transportation and Communications Lifeline Interdependencies*, proyecto de informe de la Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA) a la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) y al Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS), Washington, DC, March, <http://www.cimap.vt.edu/sites/www.cimap.vt.edu/files/docs/ALA%20Lifeline%20Report%20Final%20Draft%20030606.pdf>.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 1993) *ASCE 7-93: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 1995) *ASCE 7-95: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2002) *ASCE 7-02: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2005) *ASCE 7-05: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2010) *ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Segunda Edición, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.

AT&T (2005) *Best Practices: AT&T Network Continuity Overview*, http://www.corp.att.com/ndr/pdf/cpi_5181.pdf.

AT&T (2014) <http://www.corp.att.com/ndr/deployment1.html>, Visitado el 28 de agosto de 2014.

Centro Nacional de Protección de las Infraestructuras (CPNI 2006) *Telecommunications Resilience Good Practice Guide*, Versión 4, Reino Unido, Marzo.

Departamento de Obras Públicas de la Ciudad de Urbana (2001) *Overhead to Underground Utility Conversion*, Urbana, Illinois, [http://www2.city.urbana.il.us/Agendas - Packets - Minutes/Agendas_2002/01-14-2002/Overhead_Utility_Report.pdf](http://www2.city.urbana.il.us/Agendas-Packets-Minutes/Agendas_2002/01-14-2002/Overhead_Utility_Report.pdf).

Consejo de Seguridad en Comunicaciones, Fiabilidad e Interoperabilidad de la Comisión (CSRIC 2014) *CSRIC Best Practices*, Consejo de Seguridad en Comunicaciones, Fiabilidad e Interoperabilidad de la Comisión (CSRIC), Public Safety & Homeland Security Bureau, <https://www.fcc.gov/nors/outage/bestpractice/BestPractice.cfm>. Visitado el 16 de diciembre de 2014.

Departamento de Seguridad Nacional (DHS 2006) *A performance Review of FEMA's Disaster Management Activities in Response to Hurricane Katrina*, Departamento de Seguridad Nacional (DHS), Washington, DC.

Departamento de Seguridad Nacional (DHS 2015) *GETS/WPS Documents*, Washington, DC, <http://www.dhs.gov/publication/getswps-documents#>. Visitado el 13 de enero de 2015. DHS,

Departamento del Ejército (2007) *Reliability/Availability of Electrical & Mechanical Systems for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (C4ISR) Facilities*. 19 de enero de 2007.

Ericksen, John R. (2014) *ANSI/TIA-222-G Explained*, Tower Numerics, Inc. Lexington, MA , http://www.towernx.com/downloads/TIA-222-G_Explained.pdf. Visitado el 5 de julio de 2014.

Comisión Federal de Comunicaciones (FCC 2011) *Telecommunications Act of 1996*, www.fcc.gov/telecom.html. Visitado el 5 de julio de 2014.

Comisión Federal de Comunicaciones (FCC 2013) *Impact of the June 2012 Derecho on Communications Networks and Services – Report and Recommendations*, Washington, DC.

Comisión Federal de Comunicaciones. (FCC 2015a) *Telecommunications Service Provider*, <http://www.fcc.gov/encyclopedia/telecommunications-service-priority>. Visitado el 13 de enero de 2015.

Comisión Federal de Comunicaciones (FCC 2015b) *Emergency Alert System (EAS)* <http://www.fcc.gov/encyclopedia/emergency-alert-system-eas>. Visitado el 20 de marzo de 2015.

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2002) *World Trade Center Building Performance Study: Data Collection, Preliminary Observations, and Recommendations*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Nueva York, Nueva York.

- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2013) *Mitigation Assessment Team Report: Hurricane Sandy in New Jersey and New York*. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.
- Consejo de Fibra Óptica Al Hogar (Consejo de FTTH 2013) *Comments of the Fiber-to-the Home Council on Request to Refresh Record and Amend the Commission's Copper Retirement Rules*. Washington, DC.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2015) *Hazus: FEMA's Methodology for Estimating Potential Losses from Disasters*. <https://msc.fema.gov/portal/resources/hazus>. Visitado el 19 de abril de 2015. FEMA, Washington, DC.
- Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE 2015) *History of the National Electrical Safety Code ANSI C2*, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), <http://standards.ieee.org/about/nesc/100/>. Visitado el 26 de enero de 2015.
- Jrad, Ahman et al. (2005) "Wireless and Wireline Network Interactions in Disaster Scenarios," *Military Communications Conference*, Washington, DC.
- Jrad, Ahman et al. (2006) "Dynamic Changes in Subscriber Behavior and their Impact on the Telecom Network in Cases of Emergency," *Military Communications Conference*, Washington, DC.
- Kende, Michael y Charles Hurpy (2012) *Assessment of the Impact of Internet Exchange Points – Empirical Study of Kenya and Nigeria*, Analysys Mason Limited, Washington, DC, Abril.
- Comisión de Servicios Públicos de Kentucky (2009) *Ike and Ice: The Kentucky Public Service Commission Report on the September 2008 Wind Storm and the January 2009 Ice Storm*, 19 de noviembre, <https://psc.ky.gov/Ikelce/Report.pdf>.
- Kwasinski, Alexis (2009) *Telecom Power Planning for Natural Disasters: Technology Implications and Alternatives to U.S. Federal Communications Commission's "Katrina Order" in View of the Effects of 2008 Atlantic Hurricane Season*, 31.º Conferencia Mundial de Telecomunicaciones Internacionales (INTELEC).
- Kwasinski, Alexis (2011) *Effect of Notable Natural Disasters from 2005 to 2011 on Telecommunications Infrastructure: Lessons from on-site Damage Assessments*, 2011 IEEE Conferencia Mundial de Telecomunicaciones Internacionales (INTELEC).
- Kwasinski, Alexis; Wayne Weaver; Philip Krein; and Patrick Chapman (2006) *Huracán Katrina: Damage Assessment of Power Infrastructure for Distribution, Telecommunication, and Backup*, Universidad de Illinois en Urbana-Champaign. Urbana-Champaign, IL.
- Lower Manhattan Telecommunications Users' Working Group (2002) *Lower Manhattan Telecommunications Users' Working Group Findings and Recommendations: Building a 21st Century Telecom Infrastructure*, ciudad de Nueva York, NY, Agosto, <http://www.nexxcomwireless.com/wp/wp-content/uploads/2013/10/Building-a-21st-Century-Telecom-Infrastructure-Lower-Manhattan.pdf>.
- Malmedal, Keith y P.K. Sen (2003) *Structural Loading Calculations of Wood Transmission Structures*, Conferencia sobre Energía Eléctrica Rural de IEEE.
- Mehta, Kishor (2010) *Wind Load History ANSI A58.1-1972 to ASCE 7-05*. Congreso de Estructuras, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles.
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA 2013) *Service Assessment: The Historic Derecho of June 29, 2012*, Servicio Meteorológico Nacional (NWS, por sus siglas en inglés), Silver Spring, MD, enero <http://www.nws.noaa.gov/os/assessments/pdfs/derecho12.pdf>.

Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregón (OSSPAC 2013) *El Plan de Resiliencia de Oregón: Reducing Risk and Improving Recovery for the Next Cascadia Earthquake and Tsunami*, Salem, Oregón.

PPD-21 (2013) Directiva presidencial de política/PPD-21, la Casa Blanca, 12 de febrero, 2013, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil>.

Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco, (SPUR 2009) *The Resilient City: What San Francisco Needs from its Seismic Mitigation Policies*, Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco (SPUR), San Francisco, CA.

Stephan, Karl D. (2007) “We’ve got to Talk: Emergency Communications and Engineering Ethics,” *Technology and Society Magazine*, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) Society on Social Implications of Technology, 26(3), pp. 42-48, 10 de septiembre.

Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA 2006) *Structural Standards for Antenna Supporting Structures and Antennas*, TIA -222-G, Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA), Arlington, VA.

Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA 2014) *TR-14 Structural Standards for Communication and Small Wind Turbine Support Structures*, <http://www.tiaonline.org/all-standards/committees/tr-14>. Visitado el 22 de septiembre de 2014.

Ciudad de Nueva York (2013) *A Stronger, More Resilient New York*, ciudad de Nueva York, Nueva York.

Concejo de Líneas Vitales de la Ciudad y el Condado de San Francisco (2014) *Lifelines Interdependency Study I Report*, San Francisco, California, <http://www.sfgsa.org/modules/showdocument.aspx?documentid=12025>.

Victory, Nancy et al. (2006) *Report and Recommendations of the Interdependent Panel Reviewing the Impact of Hurricane Katrina on Communications Networks*, Washington, DC.

Wahba, John; D. Brinker; M. Malouf; y J. Erichsen (2003) *New Standards for Broadcast Structures ANSI/EIA/TIA-222-G*, <http://www.mei1inc.com/NAB-2003presentation.pdf>.

West Virginia Broadband, *Broadband Glossary*, <http://www.westvirginia.com/broadband/mediaroom/BroadbandGlossary.pdf>. Visitado el 15 de julio de 2014.

23. Sistemas de agua y aguas residuales

24. Resumen ejecutivo de los sistemas de agua y aguas residuales

Los sistemas de infraestructura de agua y aguas residuales son esenciales para sostener la viabilidad económica y social de una comunidad. Se ha calculado el consumo promedio de agua en Estados Unidos en 98 galones por persona por día, para actividades tales como beber, cocinar, mantener la higiene personal, descargar la cisterna del inodoro y lavar la ropa [Aubuchon y Morley 2012]. Del mismo modo, la mayoría de los negocios y las industrias dependen de la eliminación de agua y aguas residuales. Generalmente, las comunidades pueden acomodarse a las perturbaciones a corto plazo en los servicios de agua y aguas residuales causadas por eventos peligrosos. Sin embargo, las perturbaciones a largo plazo son muy perjudiciales para la recuperación y las funciones de la comunidad.

El suministro de los sistemas de agua está conformado por agua superficial o por agua subterránea. Los sistemas de agua tratan y almacenan el agua y la trasladan al usuario final a través de un sistema de tuberías. Los sistemas de aguas residuales funcionan en sentido contrario. Recogen las aguas residuales y las trasladan a través de un sistema de tuberías y estaciones de bombeo a una planta de tratamiento donde se descargan en aguas receptoras (p. ej., río o bahía) o, si se trata de forma adecuada, en un acuífero.

Estos sistemas son vulnerables a los eventos naturales o provocados por el hombre. Los suministros pueden quedar interrumpidos debido a las inundaciones, derrames, incendios forestales y deslizamiento de la tierra. Los deslizamientos de la tierra, las inundaciones y los terremotos pueden dañar las tuberías de transmisión. Las plantas de tratamiento pueden quedar sumergidas cuando se desbordan los diques, y a veces se necesitan semanas o meses para restaurar el servicio. Los terremotos pueden dañar las estructuras y el equipo de la planta de tratamiento como resultado de una carga lateral (debido a temblores) y fallas de los cimientos (debido a la licuefacción). Los depósitos de almacenamiento están sujetos a fuerzas sísmicas inducidas en su contenido, lo que deforma las paredes del tanque. Las tuberías enterradas, tanto de agua como de alcantarillas, pueden sufrir fallas causadas por el movimiento de la tierra en terremotos e inundaciones. Las comunidades han experimentado innumerables incidentes que causaron impactos en los sistemas de agua y aguas residuales, que necesitan de semanas a meses para restaurarse.

La naturaleza grande y distribuida de los sistemas de agua y aguas residuales, combinada con su dependencia de otros sistemas de infraestructura, limita la viabilidad de mantener una capacidad de funcionamiento del 100% luego de un evento natural grave. Los objetivos de desempeño deseados deben desarrollarse junto con las partes interesadas, incluidas las empresas de servicios públicos individuales. Es importante considerar el carácter único de la infraestructura de las empresas de servicios públicos individuales y las necesidades específicas de sus clientes al adoptar los objetivos de desempeño del sistema de una comunidad. La participación de las partes interesadas en el sector del agua y las aguas residuales es fundamental para establecer objetivos de desempeño del nivel de servicio específico de la comunidad para cada uno de los tres niveles de peligro diferentes (*de rutina, de diseño y extremo*).

También se necesitan considerar las dependencias de los sistemas de agua y aguas residuales con respecto a otras infraestructuras al momento de desarrollar objetivos de desempeño. Por ejemplo, la disponibilidad de un suministro confiable de combustible líquido influye en la cantidad de tiempo que los sistemas pueden funcionar con generadores de reserva. El suministro disponible de combustible líquido también afecta a los vehículos y equipos del personal de reparación. A su vez, el suministro local de combustibles líquidos depende del estado de la red de transporte de autopistas y puentes. Se necesita energía eléctrica para los sistemas de bombeo, comunicación y control.

Enfocarse en los principales componentes del sistema que forman una red troncal capaz de satisfacer las necesidades clave de la comunidad relacionadas con la salud y la seguridad poco después de un evento peligroso es una forma de centrar las prioridades para la recuperación de la comunidad. Las soluciones a corto plazo menos costosas, combinadas con las mejoras a largo plazo de los sistemas de infraestructura, pueden aumentar la resiliencia comunitaria y ayudar con el costo de la aplicación de las soluciones.

Se deben desarrollar objetivos de desempeño para las funciones de los sistemas de agua y aguas residuales críticos para los cortes cortos (días), intermedios (semanas) y de larga duración (meses). Es importante que los objetivos de desempeño tengan en cuenta las necesidades sociales y de infraestructura de la comunidad.

Los gobiernos federales y estatales establecen los requisitos para el desempeño de los sistemas de agua y aguas residuales día a día o año a año, pero generalmente no se pronuncia sobre el desempeño cuando estos se ven sometidos a eventos catastróficos. A lo largo de los años, se han desarrollado códigos y normas para abordar el desempeño de las estructuras del sistema para distintos peligros, p. ej., cargas de viento y terremotos. Si bien se espera que las estructuras y los edificios más modernos funcionen bien durante los eventos de diseño, es posible que las estructuras más antiguas no sean tan sólidas. Sin embargo, las tuberías enterradas pueden ser vulnerables a incidentes del suelo causados por inundaciones o terremotos.

Las instalaciones de agua y aguas residuales a menudo contienen componentes tanto nuevos como antiguos, construidos para diferentes especificaciones. Las evaluaciones para evaluar el desempeño previsto de los componentes de estos sistemas y el sistema general durante eventos peligrosos ayudarán a predecir si estos cumplen con los objetivos de desempeño deseado. El proceso debe incluir una evaluación del tiempo que tomaría restaurar el servicio dado el estado de deterioro de las diversas instalaciones. Por ejemplo, ¿cuánto tiempo le tomará a una planta de tratamiento restaurar el funcionamiento? ¿Cuánto tiempo tomará reparar todas las tuberías?

Llevar a una empresa de servicios públicos al nivel de desempeño deseado, para poder alcanzar los objetivos deseados, puede llevar décadas. Aun así, es importante desarrollar los objetivos de desempeño, evaluar la capacidad del sistema para cumplir con esos objetivos de desempeño cuando se sometan a un evento peligroso e identificar las brechas. Se deben desarrollar planes para abordar esas brechas e implementar las soluciones para mejorar la resiliencia comunitaria a lo largo de un período de tiempo seleccionado.

24.1. Introducción

Este capítulo aborda la resiliencia comunitaria de los sistemas públicos de agua potable y aguas residuales, que son esenciales para sostener la viabilidad económica y social de una comunidad [Hoover, 1941]. Aunque estos sistemas proporcionan salud pública básica y seguridad a los hogares, los negocios y la industria, a menudo se dan por sentados debido al alto nivel de servicio y confiabilidad que proporcionan diariamente los servicios públicos de agua y aguas residuales. No se reconoce la importancia de estos sistemas hasta que se produce una rotura de la tubería principal de agua u otra perturbación del servicio.

Algunas empresas de servicios públicos pueden desarrollar planes específicos de mejora de capital para mejorar la resiliencia de sus sistemas y otras empresas de servicios públicos solo pueden realizar reparaciones de emergencia. La demanda de los sistemas de agua y aguas residuales incluye el mantenimiento de la capacidad del sistema mientras se satisface el crecimiento de la población o la realización de mejoras para mantener la salud pública y satisfacer las normativas ambientales. Las comunidades tienen una oportunidad para mejorar la resiliencia a través de reacondicionamientos o

reemplazos planificados destinados a favorecer la resiliencia de los sistemas de infraestructura hídrica y de aguas residuales.

Sin embargo, los sistemas de agua y aguas residuales enfrentan desafíos que van más allá del desempeño de la infraestructura. La calidad del agua potable y el impacto ambiental son dos problemas clave. Por ejemplo, si se suministra agua potable de mala calidad a los clientes, existe un gran riesgo de que el público se enferme por el consumo. Las empresas de servicios públicos de aguas residuales operan dentro de estrictas restricciones ambientales para evitar la contaminación excesiva que contribuye a daños ambientales y, en última instancia, afecta la salud de las personas y los animales. Aunque este capítulo hace referencia a dichos problemas, su enfoque principal es cómo desarrollar un sistema de infraestructura más resiliente que suministre servicios de agua y aguas residuales con pocas perturbaciones.

24.1.1. Objetivos de desempeño de las necesidades y los sistemas sociales

Los servicios de agua son esenciales para nuestras vidas diarias. Con los datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), Aubuchon y Morley [2012] calcularon que el consumo promedio de agua en todos los estados de EE. UU. era de 371 litros (98 galones) por persona por día. Sin embargo, el consumo de agua varía de acuerdo con la comunidad y el cliente. Los usos personales incluyen agua para beber y cocinar, mantener la higiene personal, descargar la cisterna del inodoro, lavar la ropa, regar jardines y muchos otros más. Muchos negocios y muchas industrias dependen de un suministro continuo de servicios de agua potable y de servicios de recolección de aguas residuales. Con la ausencia de sistemas de agua potable y de aguas residuales, el funcionamiento de restaurantes, guarderías, hoteles, consultorios médicos, plantas de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, etc., se vería seriamente comprometida. Además, los sistemas de agua potable suelen ser la fuente principal de agua para la supresión de incendios en muchas comunidades. El Capítulo 10 analiza con más detalles la dependencia societaria de los sistemas de agua y aguas residuales y demás sistemas de infraestructura.

En los Estados Unidos, las comunidades generalmente pueden acomodarse a las perturbaciones a corto plazo (del orden de unos pocos días) en los servicios de agua y aguas residuales causadas por eventos naturales peligrosos o provocados por el hombre. Sin embargo, los eventos a largo plazo pueden ser muy perjudiciales para toda la comunidad. El plan de resiliencia de Oregón [OSSPAC, 2013] indicó que, si un negocio no puede reocupar sus instalaciones en un mes, es posible que lo obliguen a trasladarse o disolverse. Estos plazos varían según la comunidad y la gravedad del evento. El desarrollo de los objetivos realistas de desempeño deseados para el nivel de servicio posterior al evento por parte de las empresas de servicios públicos de agua y aguas residuales puede proporcionarle un beneficio directo a largo plazo a la comunidad a la que prestan servicios. Esto incluye evaluar el estado de los sistemas en relación con esos objetivos y desarrollar soluciones para cerrar las brechas identificadas de resiliencia. En los objetivos de desempeño, se deben considerar el flujo, la presión y la calidad del agua.

24.1.2. Dependencias

Tal como se analizó en el Capítulo 11, los funcionamientos del sistema de agua dependen de otros sistemas de infraestructura, tanto para el funcionamiento diario como para la restauración después de un evento peligroso. Las dependencias de los sistemas (p. ej., la pérdida de energía eléctrica comercial en un evento de viento fuerte) pueden tener un gran impacto en los funcionamientos de los sistemas de agua y aguas residuales [Elliott y Tang 2009]. Se necesita energía eléctrica para mantener los funcionamientos de bombeo y tratamiento. Los sistemas de transporte permiten el acceso para la inspección y las reparaciones después del evento, así como el suministro de las sustancias químicas y los equipos necesarios para el

funcionamiento. Sin embargo, muchos de estos sistemas también dependen de los sistemas de agua. La Figura 16-1 presenta algunas dependencias del sistema de infraestructura hídrica con otros sistemas de infraestructura.

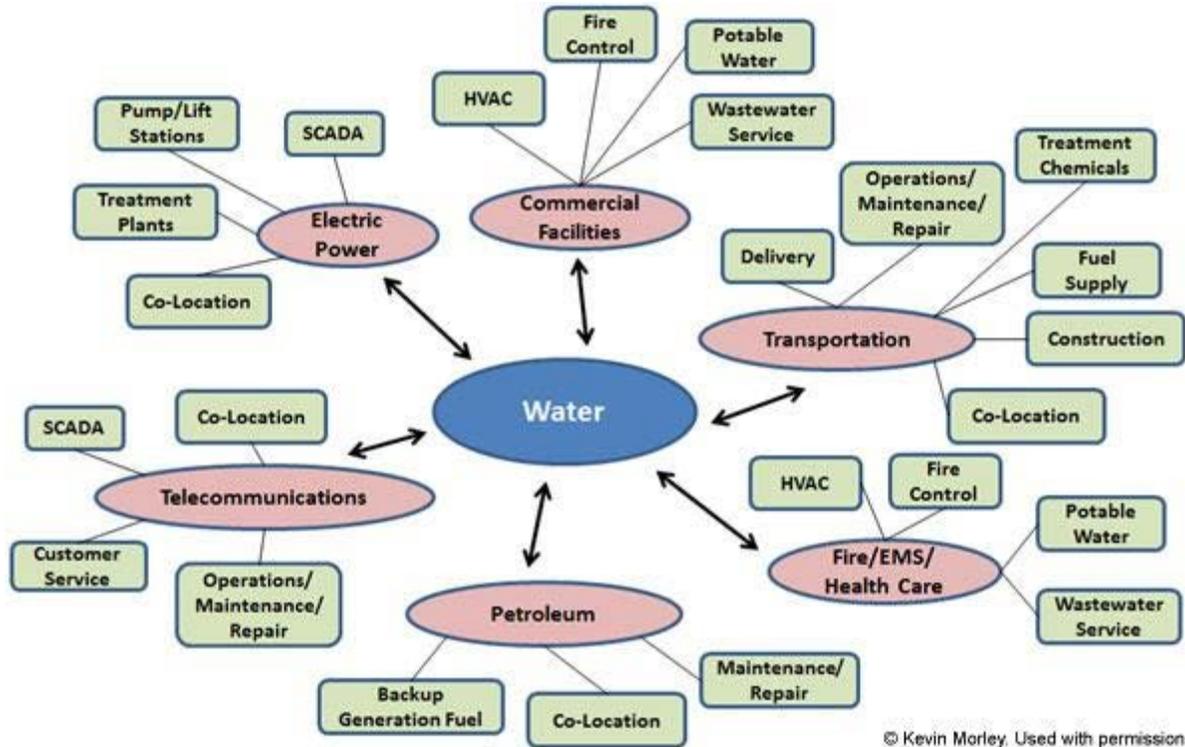


Figura 16-1: Dependencias de agua con otros sistemas de infraestructura

A continuación, se explican algunas de las dependencias más importantes para los sistemas de infraestructura de agua y aguas residuales:

1. **Energía (eléctrica y combustible).** Los servicios públicos de agua y aguas residuales dependen de la electricidad comercial para hacer funcionar las bombas, los procesos de tratamiento y las operaciones de laboratorio y oficina. Algunas de estas funciones pueden tener energía de reserva, pero las demandas generales de energía dificultan el completo funcionamiento de la mayoría de los sistemas de agua y aguas residuales con generadores de reserva. Sin embargo, a menudo los generadores de reserva mitigan los eventos de pérdida de energía a corto plazo para los equipos críticos con el fin de mantener los funcionamientos básicos de agua y aguas residuales. Estas condiciones de emergencia dependen de un suministro sostenido de combustible para los generadores de reserva, vehículos utilitarios y equipos. La perturbación en la producción, el almacenamiento o el suministro de combustible puede afectar gravemente la capacidad de una empresa de servicios públicos de agua para sostener su funcionamiento con energía del generador de reserva y para realizar reparaciones.
2. **Transporte (personal, suministros, tuberías).** El personal de las instalaciones de agua y aguas residuales depende de los sistemas de transporte de carreteras y puentes para el acceso a las instalaciones. Los daños a la infraestructura de transporte posiblemente compliquen y prolonguen los tiempos de reparación o incluso impidan las reparaciones hasta que se puedan utilizar las carreteras y los puentes. Los servicios públicos de agua y aguas residuales pueden tener una reserva limitada de tuberías, conectores y otros materiales de reparación para utilizar en las operaciones de respuesta y recuperación. Según la dimensión del evento, se puede agotar esta

reserva con rapidez debido a las perturbaciones en la cadena de suministro. Dichas perturbaciones también pueden afectar el equipo disponible y el apoyo de personal de ayuda mutua, como la Red de Respuesta de la Agencia de Aguas y Aguas Residuales (WARN, por sus siglas en inglés). Las empresas de servicios públicos también dependen de un suministro semiregular de sustancias químicas para el proceso de tratamiento que son esenciales para cumplir con las normativas de la calidad del agua que aseguran la salud pública y ambiental.

3. ***Distribución y transporte de agua y aguas residuales.*** Las redes de distribución y transporte de agua y aguas residuales a menudo se encuentran debajo de las carreteras, o adyacentes a estas y, en muchos casos, comparten la ubicación con otras infraestructuras enterradas. Las fallas de los servicios públicos subterráneos pueden generar daños en la carretera (p. ej., formación de orificios de la tubería principal de agua o derrumbe de las alcantarillas). Además, los daños a los sistemas de carreteras y puentes también pueden comprometer la funcionalidad de los servicios públicos subterráneos.
4. ***Comunicaciones e información.*** Los servicios de agua y aguas residuales a menudo dependen de redes de radio, microondas, celulares y redes relacionadas para comunicarse con el personal de funcionamiento y los contratistas. Si se desconectan estas redes durante un período prolongado, pueden producirse complicaciones y retrasos en los funcionamientos y las reparaciones. Además, se utilizan mucho las redes de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) en los sistemas de agua y aguas residuales para controlar y supervisar distintos procesos y equipos.

La infraestructura del sistema de comunicaciones también depende de la infraestructura hídrica. Por ejemplo, las torres de refrigeración de los sistemas de aire acondicionado que dan soporte a las comunicaciones necesitan agua para mantener los equipos electrónicos sensibles de las oficinas centrales a temperaturas de funcionamiento seguras. Además, las ordenanzas contra incendios pueden prohibir la ocupación si no funcionan los sistemas de agua y aguas residuales.

5. ***Edificios (críticos, comerciales, públicos en general).*** Los servicios de agua y aguas residuales dependen de los edificios administrativos. Las operaciones de agua y alcantarillado de Nueva Orleans (p. ej., tratamiento, distribución, recolección y administración) se vieron gravemente afectadas luego del huracán Katrina, lo que incluyó la pérdida de facturación de clientes y otros registros debido a las grandes inundaciones. Durante este mismo evento, se obligó a un hospital de Nueva Orleans a realizar evacuaciones cuando perdió la presión del agua y no pudo mantener el sistema de HVAC que necesitaban los pacientes de las unidades de cuidados intensivos [Randon, 2006].

Los edificios necesitan un suministro de agua con un flujo y una presión adecuados para la extinción de incendios, así como para la higiene. Las instalaciones industriales necesitan sistemas funcionales de agua y aguas residuales para desarrollar, procesar y fabricar materiales y productos. El público depende de los servicios de agua y aguas residuales para la salud general de la comunidad.

Las empresas de servicios públicos de agua y aguas residuales dependen de los clientes (p. ej., comercial y residencial) como una fuente continua de capital. Las empresas de servicios públicos pueden tener gastos capitales importantes luego de un evento peligroso y la pérdida del servicio puede generar el desplazamiento de clientes o el evento puede resultar en la pérdida de ingresos personales o la incapacidad de enviar pagos.

24.2. Infraestructura hídrica y de aguas residuales

Esta sección describe los componentes básicos de los sistemas de agua y aguas residuales. Las observaciones de desempeño de los eventos peligrosos anteriores caracterizan algunas de las principales vulnerabilidades de los sistemas de agua y aguas residuales. La infraestructura hídrica y de aguas residuales son vulnerables a una cantidad de peligros: las tuberías enterradas son vulnerables a las roturas durante los terremotos y las instalaciones de agua y aguas residuales son vulnerables a los peligros de inundaciones. Generalmente, las instalaciones se ubican en zonas peligrosas o cerca de estas, lo cual es consistente con su dependencia funcional de los recursos hídricos naturales.

24.2.1. Infraestructura hídrica

Se trata el agua potable para satisfacer las normas de salud pública y se distribuye a los consumidores a través de una red de tuberías. Algunas empresas de servicios públicos de agua tienen su propia infraestructura de suministro y tratamiento, mientras que otras compran agua al por mayor de las empresas de servicios públicos vecinas.

Los sistemas de agua potable se componen de seis categorías generales de infraestructura: 1) suministro, 2) transmisión, 3) tratamiento, 4) bombeo, 5) almacenamiento y 6) distribución. Una variedad de peligros puede afectar la función básica de cada categoría y sistema de infraestructura (energía eléctrica, transporte, comunicación), tal como se muestra en la Tabla 16-1 y se analiza en la Sección 16.1.2. En las siguientes secciones, se analizan algunos ejemplos de impactos relacionados con los peligros en la infraestructura hídrica observados en los eventos pasados.

24.2.1.1. Suministro

El suministro de agua potable puede provenir de aguas subterráneas o superficiales, tal como se describe a continuación. En algunos casos, las empresas de servicios públicos pueden tener suministros de aguas subterráneas y superficiales.

Aguas subterráneas. La lluvia y el deshielo recargan los acuíferos de aguas subterráneas. Los pozos de aguas subterráneas aprovechan los acuíferos y suministran agua a los hogares individuales o a los sistemas públicos de agua. Un sistema de pozos consiste en el acuífero de aguas subterráneas, la tubería y el filtro, la bomba y el motor, el suministro eléctrico, los equipos y controles eléctricos, la tubería de conexión y, posiblemente, la estructura del pozo. Normalmente, se revisten los pozos con un tubo de acero. Los filtros en la tubería del pozo a la profundidad del acuífero permiten que ingrese agua a la tubería. Una bomba sumergible o para montar en superficie transporta el agua al sistema de transmisión.

Aguas superficiales. El agua de lluvia y deshielo se acumula en arroyos, ríos y lagos, y a veces queda retenida en represas para el suministro de agua potable. Las estructuras de entrada de agua en lagos o ríos y represas transportan el agua de la fuente a una instalación de tratamiento. Las estructuras de entrada generalmente incluyen algún tipo de filtro de barras para evitar que entren los escombros grandes y la vida acuática en la planta de tratamiento.

Las fuentes de agua superficial y subterránea pueden contaminarse durante los eventos peligrosos naturales y los provocados por el hombre o luego de estos. En condiciones de inundación, se pueden inundar las bocas del pozo de aguas subterráneas. Si ingresan contaminantes en los sistemas de pozos, estos necesitarán un lavado extenso para recuperarse, y, en algunos casos, puede que no se recuperen. En sistemas de aguas superficiales, las inundaciones pueden aumentar la turbidez y los contaminantes como el petróleo y los nutrientes o la materia orgánica pueden sobrecargar las operaciones de tratamiento y plantear un riesgo para la salud pública.

La contaminación también puede resultar en liberaciones accidentales de fuentes industriales en la cuenca. En 2014, en Virginia Occidental, se liberó 4-metilciclohexano metanol (MCHM) en el río Elk, lo que provocó la contaminación del agua que abastece a 300 000 personas. Tomó meses restaurar el servicio completo de agua [Rosen et al., 2014].

Tabla 16-1: Peligros comunes y sus posibles consecuencias relacionadas [Adaptado del Grupo de trabajo de preparación, respuesta ante emergencias y recuperación de CIPAC 2009]

Posibles consecuencias relacionadas	Inundación	Vientos extremos	Rayos	Sequía/Pérdida de suministro de agua	Huracán, Tornado	Terremoto	Clima severo (p. ej., hielo/nieve/tormentas)	Incendios/Incendios forestales	Falla de energía o comunicaciones	Armas de destrucción masiva	Ataque cibernético	Fallas de la infraestructura	Liberación de material peligroso	Vandalismo/Sabotaje/Terrorismo	Perturbación económica	Perturbación de la cadena de suministro	Pandemia de gripe	Incidentes percibidos
Perturbación del servicio de la fuente de agua, el sistema de tratamiento de agua o aguas residuales, de almacenamiento, de distribución, de recolección, las comunicaciones y la energía eléctrica	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Contaminación del sistema, incluida la contaminación química, radiológica y biológica y problemas asociados con la contaminación amenazada, real y percibida	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•				•	
Daños a los sistemas de infraestructura	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•				
Impactos ambientales a la comunidad	•			•	•	•	•	•		•		•	•			•		
Pérdida de ingresos, otras perturbaciones económicas graves en la comunidad o pérdida de suministros esenciales porque se anulan los contratos o se interrumpe el suministro	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•		
Acceso denegado o limitado a las instalaciones e infraestructura de servicios públicos; por ejemplo, si las instalaciones son inseguras o inaccesibles	•	•			•	•	•	•		•	•	•	•					

Posibles consecuencias relacionadas	Inundación	Vientos extremos	Rayos	Sequía/Pérdida de suministro de agua	Huracán, Tornado	Terremoto	Clima severo (p. ej., hielo/nieve/tormentas)	Incendios/Incendios forestales	Falla de energía o comunicaciones	Armas de destrucción masiva	Ataque cibernético	Fallas de la infraestructura	Liberación de material peligroso	Vandalismo/Sabotaje/Terrorismo	Perturbación económica	Perturbación de la cadena de suministro	Pandemia de gripe	Incidentes percibidos
Pérdida de empleados/contratistas; por ejemplo, si las carreteras son intransitables, si están enfermos o si están cuidando de su familia	•	•			•	•	•	•		•							•	
Pérdida de confianza pública				•					•	•	•	•	•	•	•	•		•
Pérdida de los sistemas de SCADA	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•			•			•	

Los incendios forestales también pueden provocar contaminación en el agua. Los incendios forestales pueden quemar las cuencas y desestabilizar la cubierta del suelo, que puede provocar deslizamiento de la tierra. Las lluvias posteriores pueden liberar contaminantes en las aguas de la fuente que pueden afectar las operaciones de tratamiento de agua. Los incendios forestales de Colorado en 2012, que quemaron varios miles de acres en cuencas previamente boscosas, dieron lugar a una mayor concentración de contaminantes en el suministro de agua, lo que condujo a mayores concentraciones de subproductos generados en la desinfección del agua (DBP, por sus siglas en inglés) en el agua tratada [Writer et al., 2014; Rhoades, Entwistle, y Butler, 2011].

Muchos embalses de aguas superficiales cumplen una función de suministro de agua además de los fines recreativos y de control de inundaciones. Las fallas de los diques pueden presentar un peligro secundario luego de un terremoto, una lluvia fuerte o inundación. Las precipitaciones e inundaciones extremas pueden afectar la integridad del dique. Si bien estos tipos de fallas no son frecuentes, pueden presentar un riesgo para el público y los sistemas de infraestructura posteriores.

24.2.1.2. Transmisión

Las tuberías de transmisión de gran diámetro pueden transportar el agua cruda desde la fuente hasta la planta de tratamiento, y el agua tratada hasta las instalaciones de almacenamiento antes de ramificarse en tuberías de distribución más pequeñas. Según el sistema, estas tuberías pueden variar nominalmente de 0,3 m a 10 m (1 pie a 30 pies) en diámetro. Se construyen las tuberías de transmisión de acero soldado, concreto reforzado o hierro dúctil (históricamente de fundición).



Figura 16-2: Puente de la tubería de transmisión de agua dañado por el deslizamiento de tierra

Normalmente, se entierran las tuberías de transmisión, lo que encarece y perturba las inspecciones y reparaciones. El entierro reduce la vulnerabilidad de las tuberías a algunos peligros, como eventos de vientos fuertes; sin embargo, los peligros que causan los deslizamientos de tierra, como terremotos, inundaciones, lluvias prolongadas e incendios forestales, también pueden dañar las líneas de transmisión. La Figura 16-2 muestra un puente de la tubería de transmisión dañado en Portland, Oregón en un evento de deslizamiento de tierra provocado por lluvias fuertes.

24.2.1.3. Tratamiento

Las plantas de tratamiento de agua procesan el agua cruda de los suministros de aguas subterráneas o superficiales para cumplir con las normas de calidad del agua de la salud pública y, a menudo, para mejorar el sabor. El proceso utilizado depende de la fuente de agua cruda y de la necesidad de eliminar agentes patógenos, contaminantes orgánicos o inorgánicos, sustancias químicas y turbidez. El proceso de tratamiento normalmente incluye un tratamiento previo, la floculación, la sedimentación, la filtración y la desinfección con variaciones de estos procesos en algunas plantas modernas. Las plantas de tratamiento de agua consisten normalmente de una cantidad de tanques de proceso, tuberías de depósito y plantas, bombas, equipos de almacenamiento y alimentación de productos químicos, espacio para laboratorios y oficinas y equipos mecánicos, eléctricos y de control asociados.

Las plantas de tratamiento de agua son vulnerables a las inundaciones porque suelen ubicarse cerca de fuentes de inundación (es decir, lagos, ríos). A menudo, las inundaciones dañan los sistemas de control eléctrico, lo que lleva a la pérdida de la funcionalidad y a cortes de servicio. En 1993, las inundaciones fluviales sumergieron la planta de tratamiento de agua que abastecía a Des Moines, lo que generó que la ciudad permaneciera 12 días sin agua potable [McMullen, 1994].

La pérdida de energía en las plantas de tratamiento de agua puede impedir un tratamiento adecuado e inhibir la distribución [Thompson, 2012; Morley, 2012]. Como resultado, es posible que no se disponga de agua potable, por lo que es necesario realizar avisos para hervir el agua. Si bien se pueden incorporar sistemas de energía de reserva en una planta de tratamiento de agua, para que estos sistemas sean confiables y funcionen apropiadamente es necesario que se les haga un mantenimiento correcto y pruebas regulares, y que se encuentren adecuadamente conectados, instalados con suministro de combustible y protegidos de los eventos peligrosos [AWWA, 2004].

Los terremotos también pueden ocasionar daños en las plantas de tratamiento y sus componentes. En 1989, el terremoto de Loma Prieta en California ocasionó grandes daños en los clarificadores debido a los movimientos del agua en la planta de tratamiento de agua en San Jose, California, lo que redujo considerablemente su capacidad de 2,1 metros cúbicos por segundo (CMS) (40 millones de galones por día [MGD]) (Figura 16-3). En el terremoto de Tohoku en 2011 en Japón, la licuefacción resultó en un asentamiento diferencial entre las estructuras soportadas por pilotes y las tuberías enterradas directamente en las plantas de tratamiento de agua (Figura 16-4).

 <p>© Donald Ballantyne. Used with permission</p>	 <p>© Donald Ballantyne. Used with permission</p>
<p><i>Figura 16-3: Distrito de Agua del Valle de Santa Clara, lavadoras clarificadoras de plantas de tratamiento de agua dañadas debido a los movimientos del agua, terremoto de Loma Prieta en 1989</i></p>	<p><i>Figura 16-4: La licuefacción resultó en un asentamiento diferencial entre las estructuras soportadas por pilotes y las tuberías enterradas durante el terremoto de Tohoku en 2011</i></p>

24.2.1.4. Bombeo

Las estaciones de bombeo aumentan la carga hidráulica al elevar el agua a una mayor altura. Una estación de bombeo consiste normalmente de un edificio simple que alberga bombas, motores, tuberías, válvulas y equipos mecánicos, eléctricos y de control asociados. Las estaciones de bombeo dependen principalmente del suministro de energía comercial, pero pueden tener generadores de emergencia de reserva para permitir la continuidad del funcionamiento.

Al igual que las plantas de tratamiento de agua, la continuidad del funcionamiento de las bombas necesita energía de reserva si se produce una pérdida de energía eléctrica comercial. Además, sin las bombas en funcionamiento, las aguas de la inundación pueden cubrir los equipos eléctricos y los controles de las estaciones de bombeo ubicadas total o parcialmente por debajo del nivel del mar en zonas propensas a las inundaciones.

24.2.1.5. Almacenamiento

Los servicios públicos de agua utilizan tanques de almacenamiento y depósitos de agua tratada para equilibrar la demanda de agua con la capacidad de producción de agua. El agua de estos tanques y reservas se extrae durante los momentos de mayor uso y se recarga durante las horas de menor consumo. Según la época del año y el período de demanda, es posible que se disponga del agua almacenada para satisfacer la mayor demanda de extinción de incendios u otras necesidades de emergencia solo unas pocas horas o hasta 2 o 3 días.

Los modernos tanques de almacenamiento de acero son tanques apoyados en el suelo, tubos verticales o tanques elevados apoyados en una estructura o un pedestal. Los tanques de concreto reforzado suelen ubicarse a nivel o se entierran. Los tanques circulares de concreto pueden ser reforzados con armadura metálica o tendones.

Los tanques de almacenamiento son vulnerables a una cantidad de peligros. Los tanques de almacenamiento elevados son más susceptibles a los peligros de los vientos fuertes que las estructuras ubicadas a nivel y pueden dañarse hasta el punto de sufrir fallas estructurales durante eventos de viento o marejadas por tormentas. La Figura 16-5 muestra un tanque de agua derrumbado en Luisiana, cerca del lugar donde tocó tierra el huracán Katrina. Probablemente las fallas se produjeron debido a una combinación de efectos de vientos y marejadas.

Los tanques de almacenamiento a nivel o parcialmente enterrados pueden ser susceptibles a sufrir daños de inundaciones (por marejadas huracanadas, inundaciones fluviales o tsunamis), en particular si se ubican en zonas propensas a inundaciones o cerca de ellas. Los daños o las fallas en un tanque pueden deberse a las fuerzas hidrostáticas de agua estancada o de movimiento lento o a las fuerzas hidrodinámicas impuestas por flujos de mayor velocidad o por la acción de las olas. Las fuerzas de empuje pueden provocar el levantamiento de tanques de subrasante vacíos si se satura el suelo. La Figura 16-6 muestra dos tanques de combustible líquido en primer plano que flotaron y que la inundación de la ola del tsunami derribó luego del evento de Tohoku, Japón en 2011. El tanque en el fondo se encontraba en un terreno más alto y no parece haber sido dañado.



Figura 16-5: Tanque de agua derrumbado en Buras, LA cerca del lugar donde tocó tierra el huracán Katrina [Fuente: FEMA]



Figura 16-6: Tanques de acero dañados debido al tsunami de Tohoku, Japón en 2011

Las cargas laterales por temblores y deformaciones permanentes del suelo a causa de la licuefacción y deslizamientos de la tierra durante los terremotos pueden dañar los tanques de almacenamiento. El movimiento del agua en los tanques de almacenamiento y proceso durante los terremotos puede dañar las paredes y los deflectores del tanque. En el terremoto de Northridge en 1994, un tanque de agua de Los Ángeles se movió, lo que dañó las tuberías, como se muestra en la Figura 16-7. La empresa de servicios públicos al norte de Los Ángeles sufrió una abolladura en la base de un tanque de acero, como se muestra en la Figura 16-8.

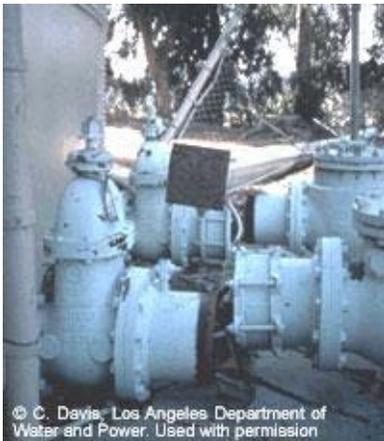


Figura 16-7: Movimiento del tanque que dañó las tuberías de conexión en el terremoto de Northridge en 1994



Figura 16-8: Abolladuras en la base de un tanque de acero en el terremoto de Northridge en 1994

24.2.1.6. Distribución

Las tuberías de distribución de pequeño diámetro transportan el agua tratada desde las tuberías de transmisión a los vecindarios y a las zonas comerciales e industriales. Las conexiones de servicio con medidores se derivan de las tuberías de distribución para abastecer a los clientes individuales. El servicio público de agua suele realizar el mantenimiento de la tubería antes que del medidor de agua; el cliente individual es responsable del medidor de agua antes que de la tubería. El sistema se controla con válvulas de accionamiento manual situadas en la mayoría de las intersecciones de las tuberías. Los sistemas de distribución tienen bocas de incendios ubicadas en incrementos estandarizados, como cada 90 m (300 pies) o 150 m (500 pies) a lo largo de una tubería de distribución. Las tuberías de distribución suelen fabricarse con hierro dúctil (históricamente fundición), acero soldado, PVC o cemento a base de amianto.

Los dos problemas principales para las tuberías de distribución son las fugas y las roturas. Las *fugas* normalmente hacen referencia a los daños relativamente menores en una tubería o junta que causan pérdidas de agua de menores a moderadas, pero que no afectan considerablemente el funcionamiento del sistema de distribución. Sin embargo, las *roturas* suelen referirse a daños mayores en un barril de tubería o en una junta que resulta en una pérdida mayor de agua y presión en una zona o drenajes cercanos a los tanques. Cuando existen roturas en el sistema de distribución del agua, estas pueden provocar la despresurización del sistema. La despresurización puede resultar en la acumulación de sedimentos dentro de las tuberías, lo que afecta la potabilidad del agua. La contaminación y la pérdida de potabilidad implica que se emitan órdenes para hervir agua. Antes de que el agua se vuelva a considerar potable, se deben reparar los sistemas de distribución y se debe controlar y probar la calidad del agua para que cumpla con las normas de salud pública.

Las roturas de las tuberías de distribución pueden resultar en una gran cantidad de peligros. Las inundaciones causan erosión o desgaste que exponen y posiblemente rompen las tuberías (consulte la Figura 16-9).

Los terremotos pueden provocar licuefacción o deformación permanente de la tierra, lo que hace que se rompan las tuberías. En el terremoto de Northridge en 1994, el sistema de infraestructura hídrica de Los Ángeles experimentó aproximadamente 1000 roturas de tuberías, principalmente en las secciones de fundición [Tanaka, 1995] debido a movimientos muy fuertes de la tierra. Un año después, el terremoto de Kobe dañó aproximadamente 1200 tuberías debido a la gran licuefacción. La mayor parte del sistema se

construyó con tuberías de hierro dúctil, la cual falló principalmente por la separación de las juntas como se ve en la Figura 16-10.



Figura 16-9: Líneas de distribución expuestas (izquierda) y rotas (derecha) debido a las inundaciones en Jamestown, CO [Fuente: Agencia de Protección Ambiental]



Figura 16-10: Grietas en el suelo (izquierda) y separación de la junta en una tubería de hierro dúctil (derecha) debido a la licuefacción durante el terremoto de Kobe en 1995

La Figura 16-10a (izquierda) muestra grietas en el suelo debido a la licuefacción/expansión lateral en el terremoto de Kobe en 1995. La Figura 16-10b (derecha) muestra una separación de la junta de la tubería de hierro dúctil en la grieta del suelo.

Los eventos de viento pueden provocar daños en las líneas de distribución debido a la caída de los árboles. Por ejemplo, durante el huracán Andrew, se produjeron daños muy importantes en los sistemas de distribución de agua en el sur de Florida que fueron consecuencia del crecimiento de las raíces de los árboles alrededor de las tuberías de agua y las líneas de servicio [Murphy, 1994]. Cuando las fuerzas de los vientos de huracanes tumbaron estos árboles (el huracán Andrew era un huracán de categoría 5 en la escala Saffir-Sampson cuando tocó tierra en el condado de Dade, Florida), se dañaron las líneas de distribución. Se produjeron daños similares en los sistemas de distribución y transmisión de agua durante los huracanes Katrina y Rita en Luisiana [Allouche et al. 2006]. Como se mencionó anteriormente, independientemente de la causa de los daños, las roturas de tuberías que despresurizan el sistema de agua pueden conducir la contaminación a través de las tuberías y afectar la potabilidad del agua. Un enfoque para abordar los problemas de contaminación durante el proceso de recuperación es reparar las tuberías;

luego, a medida que se completan las reparaciones en la zona de presión, desinfectar toda la zona de una sola vez.

24.2.2. Sistemas de aguas residuales

Los sistemas de aguas residuales recolectan los desechos líquidos domésticos e industriales y los trasladan a las plantas de tratamiento a través de sistemas de transporte y recolección y estaciones de bombeo. Luego de separar los sólidos y el procesamiento y desinfección biológicos, se vierten las aguas residuales como efluentes en una masa de agua receptora y pueden volver a utilizarse para riego u otros propósitos. Algunas empresas de servicios públicos tienen sistemas de recolección para las aguas residuales y pluviales; otras tienen sistemas de recolección que combinan las aguas residuales y pluviales en las mismas tuberías.

Las fallas en el sistema de tuberías pueden descargar aguas residuales sin tratamiento en los sótanos, en las calles de las ciudades y en las aguas receptoras, lo que genera problemas de salud pública y contaminación ambiental. Los sistemas normales de aguas residuales se componen de cinco categorías generales de infraestructura: 1) recolección, 2) transporte, 3) bombeo, 4) tratamiento y 5) descarga. Las siguientes subsecciones describen brevemente la función básica de cada categoría.

24.2.2.1. Recolección y transporte

La red de tubería de recolección para los sistemas de aguas residuales es similar a la de los sistemas de agua. El sistema de recolección de aguas residuales transporta líquidos y otros desechos desde los clientes a una instalación de tratamiento, en lugar de suministrar agua a los clientes individuales. Esto suele lograrse mediante el uso de los flujos de gravedad en las alcantarillas. Es necesario controlar cuidadosamente la elevación y el grado de las tuberías en el sistema para mantener el flujo de gravedad. En algunos casos, las bombas transportan aguas residuales a través de tuberías presurizadas. La infiltración y la entrada de aguas subterráneas en el sistema de recolección a través de grietas y roturas en las tuberías puede aumentar en gran medida el volumen de aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento. Se encuentra una variedad de materiales de los tubos en los sistemas de recolección, lo que incluye arcilla vitrificada, concreto reforzado, PVC, ladrillo y acero.

Los sistemas de recolección tienen pozos a intervalos regulares, lo que permite el acceso para realizar las tareas de limpieza y mantenimiento. Generalmente, los pozos se construyen con concreto, aunque los más antiguos se solían construir con ladrillos.

El sistema de transporte para la red de aguas residuales es similar al sistema de transmisión para un sistema de agua. Las tuberías de transporte poseen un diámetro más grande y a menudo son más profundas bajo tierra. Los sistemas de transporte se diseñan para recolectar aguas residuales del sistema de recolección y trasladarlas a la planta de tratamiento de aguas residuales. Al igual que los sistemas de recolección, estos pueden incluir estaciones de bombeo. En muchos casos, estos sistemas de transporte fueron instalados a principios o mediados del siglo XX, cuando Estados Unidos comenzó a limpiar sus vías fluviales. Muchas ciudades instalaron alcantarillas que transportaban las aguas residuales y pluviales. Desde hace poco tiempo, la EPA está incentivando a las empresas de servicios públicos de aguas residuales a reducir la descarga de aguas residuales sin tratar y recibir agua de escorrentía durante eventos de lluvia peligrosos. Como resultado, muchos sistemas de transporte ahora tienen capacidad de almacenamiento, que tiene la forma de un punto ancho en la línea y, en algunos casos, instalaciones de tratamiento de aguas residuales simplificadas.

Las tuberías de recolección y transporte de aguas residuales tienen causas de daños similares a las de transmisión y distribución. Se pueden exponer y dañar las tuberías de recolección de aguas residuales

debido a los deslizamientos de tierra, la erosión o el desgaste, lo que las perjudica o rompe. Además, se pueden dañar las tuberías de recolección de aguas residuales en eventos de viento debido a la caída de árboles, si han crecido sistemas de raíces alrededor de las tuberías.

En el sistema de recolección y transporte, se pueden dañar las tuberías debido a los efectos de terremotos como temblores del suelo, licuefacción y expansión lateral. Pueden ocurrir daños en las tuberías de las alcantarillas debido a los temblores, lo que puede causar que se agrieten las juntas, pero el sistema puede seguir funcionando. Se tendrán que reparar estas grietas en última instancia para controlar la infiltración. La licuefacción puede provocar separación de juntas y desplazamiento de tuberías. Otra causa de falla es la flotación de las tuberías, que sucede cuando tierra licuada rodea una alcantarilla de gravedad parcialmente llena.

En general, los túneles resisten los daños de los terremotos, ya que se encuentran normalmente por debajo de la región donde se produce el movimiento de la tierra. Sin embargo, ha habido casos en que se han desgastado los revestimientos interiores de los túneles de concreto como resultados de fuerzas de terremotos. Los portales de los túneles también son vulnerables a los daños causados por el deslizamiento de tierra.

Las inundaciones también pueden dañar las tuberías de recolección de aguas residuales de muchas maneras. Las tuberías que comparten la ubicación con los puentes pueden experimentar daños causados por inundaciones y el impacto de los escombros transportados por estas. Es más probable que las fuerzas hidrodinámicas asociadas con las inundaciones costeras o los flujos de alta velocidad dañen las estructuras y las tuberías que la inundación por sí sola. En la zona de Nueva Orleans luego del huracán Katrina, los daños más frecuentes en las tuberías de aguas residuales enterradas que observaron los equipos de limpieza fue la separación de las juntas de las tuberías, fugas y roturas. Se creía que estos daños eran el resultado de suelos supersaturados por las aguas de las inundaciones, seguido de un drenaje que provocaba la contracción y el hundimiento del suelo. Sin el apoyo de los suelos circundantes, las tuberías se rompieron y fracturaron [Chisolm y Matthews 2012]. Durante los eventos de inundaciones, se puede producir un aumento en el flujo y la presurización de los sistemas de recolección de aguas residuales. El flujo de entrada y la infiltración de agua a través de grietas pueden dañar las tuberías, especialmente en los casos en que las tuberías están compuestas de materiales como la arcilla vitrificada. Por ejemplo, durante las inundaciones del Río Rojo de 1997 en Grand Forks, Dakota del Norte, la presurización provocó la rotura de las tuberías de arcilla vitrificada y las grietas finas aumentaron la tasa de deterioro general de la tubería [Chisolm and Matthews 2012].

24.2.2.2. Bombeo

Los sistemas de alimentación por gravedad utilizan las estaciones de bombeo para transferir las aguas residuales a una mayor elevación. La estación de bombeo puede descargar las aguas residuales desde la parte más elevada a otra sección de una tubería de gravedad, o las aguas residuales pueden permanecer en una tubería principal presurizada y ser descargadas en otro lugar, como por ejemplo una planta de tratamiento. Una estación de bombeo consiste normalmente en un edificio simple que alberga bombas, motores, tuberías y equipos mecánicos, eléctricos y de control asociados. Las bombas se pueden colocar en un edificio (normalmente en un pozo seco y húmedo) o en un pozo grande (sumergible). Muchas estaciones de bombeo tienen generadores de reserva y enchufes para lograr una conexión rápida de generadores portátiles, con el fin de permitir la continuidad del funcionamiento cuando se interrumpe el suministro de energía comercial.

Las estaciones de bombeo son vulnerables a una cantidad de peligros, entre los que se incluyen los terremotos y las inundaciones. A menos que hayan sido diseñadas para ser sumergibles, el agua de inundación que cubre las bombas puede deshabilitarlas y dañarlas a ellas y a sus motores. Esta fue una causa común de fallas de estaciones de bombeo en la ciudad de Nueva York durante las inundaciones del

huracán Sandy [NYCDEP 2013]. Los daños pueden ser peores con inundaciones de agua salada, ya que provocan una corrosión generalizada.

La pérdida de energía eléctrica comercial impide el funcionamiento de las bombas si no se proporciona energía de reserva adecuada o no se reabastecen los generadores a tiempo. Los terremotos pueden provocar licuefacción, lo que causa la flotación e inclinación de los pozos de recolección de aguas residuales enterrados en las estaciones de bombeo. Este movimiento daña las tuberías conectadas y hace que la estación de bombeo no funcione. Los pozos y las estaciones de bombeo también son susceptibles a la flotación si se licuan los suelos circundantes. Los desplazamientos que cambian el grado pueden hacer que la estación de bombeo se vuelva inutilizable o sea difícil de mantener.

24.2.2.3. Tratamiento

Las plantas de tratamiento de aguas residuales procesan aguas residuales sin tratamiento procedentes de fuentes residenciales, comerciales y, en algunos casos, funcionamientos de tratamiento especializado para las fuentes industriales. El efluente de la instalación de aguas residuales (p. ej., aguas residuales tratadas o no tratadas que salen de una planta de tratamiento) deben cumplir con las normas de salud pública y ambientales. El proceso habitual es el siguiente:

1. Tratamiento previo con filtros y desarenadores
2. Tratamiento primario en un tanque de sedimentación
3. Tratamiento secundario con tratamiento biológico y clarificadores
4. Desinfección con cloro y otros desinfectantes

En algunos casos, el efluente se trata posteriormente para usos de riego. Los sólidos que se obtienen de los cuatro procesos son tratados en digestores y solidificados mediante prensas o centrífugas. Estos procesos necesitan equipos mecánicos y eléctricos amplios y tuberías.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales son susceptibles a los daños provenientes de varios peligros naturales, en particular a las inundaciones. Con la continuidad del aumento previsto del nivel del mar a lo largo del siglo 21^o, la frecuencia de las inundaciones en las plantas de tratamiento probablemente aumentará. Las plantas de tratamiento de aguas residuales suelen ubicarse en zonas propensas a las inundaciones o cerca de estas porque devuelven el agua tratada a las masas de agua naturales. Por lo tanto, pueden ser vulnerables a las inundaciones o marejadas y a la acción de las olas de las fuentes costeras que pueden provocar daños o pérdidas de funcionalidad de edificios, equipos y sistemas eléctricos y mecánicos. El Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York (NYCDEP, por sus siglas en inglés) observó en un estudio reciente que las 14 plantas de tratamiento de aguas residuales (WWTP) que posee y opera corren el riesgo de sufrir daños por inundaciones [NYCDEP 2013].

Las WWTP de las regiones no costeras de Estados Unidos suelen estar situadas junto a los ríos, lo que ha dado lugar a recientes ejemplos de inundaciones fluviales de WWTP: 1) nueve días de pérdida de funcionalidad debido a las inundaciones de la WWTP de Valdosta, Georgia en 2009, 2) inundaciones de la WWTP debido al río Pawtuxet en Warwick, Rhode Island en 2010 y 3) cierre de la WWTP de Palmyra, Indiana en 2011 debido al aumento de los niveles del agua.

En zonas donde los diques elevan y protegen las instalaciones de aguas residuales, las inundaciones todavía pueden seguir causando problemas de acceso. Si bien la instalación de tratamiento puede no estar inundada en sí misma, las inundaciones alrededor de esta pueden limitar el ingreso y la evacuación del personal vital. En el caso de varias plantas de tratamiento de aguas residuales a lo largo de los ríos Misuri y Misisipí durante las inundaciones de 1993, el personal solo podía acceder a través de embarcaciones y

las carreteras inundadas por la inundación no se consideraban lo suficientemente estables para los vehículos más grandes, como los que transportan suministros para las plantas [Sanders, 1997].

La liberación de aguas residuales sin tratamiento es relativamente común durante eventos importantes de inundaciones cuando el flujo de entrada y la infiltración pueden sobrecargar los sistemas de recolección de aguas residuales o cuando hay desbordamientos de alcantarillado combinados. Durante el huracán Sandy, se liberaron más de 560 millones de galones de aguas residuales sin tratar y diluidas, mezcladas con aguas pluviales y de mar, en las vías fluviales. La infiltración de las aguas de la inundación en el sistema de alcantarillado, las inundaciones de las instalaciones y los cortes de electricidad provocaron esta liberación de aguas residuales [NYCDEP 2013]. Se inundaron y dañaron los controles electrónicos en muchas instalaciones de tratamiento de aguas residuales, que retrasaron en gran medida los tiempos de recuperación de las instalaciones [FEMA 2013]. De manera similar, luego del huracán Rita en 2005, la ciudad de Lake Charles tuvo una pérdida de energía en toda la ciudad que afectó la planta de tratamiento de aguas residuales que da servicio a dos tercios de la ciudad. Se liberaron aguas residuales sin tratamiento en un lago cercano durante más de una semana, hasta que se restauró la energía.

Si bien la descarga y las aguas residuales sin tratamiento contaminan el agua receptora, la contaminación química de las aguas residuales puede afectar el propio proceso de tratamiento de estas. Por ejemplo, en el terremoto de Loma Prieta de 1989 en California, el proceso de tratamiento biológico de las WWTP del Distrito de Servicios Públicos Municipales del Este de la Bahía (EBMUD, por sus siglas en inglés) falló cuando un derrame en el sistema de recolección contaminó el afluente de la planta de tratamiento. Junto con el derrame, la planta perdió energía y no pudo bombear oxígeno en el sistema de tratamiento, lo que dio como resultado que el sistema de tratamiento secundario se viera comprometido durante varias semanas.

Las WWTP se suelen encontrar en un punto bajo en la elevación del sistema. Aunque las inundaciones de los eventos peligrosos es un problema principal, los terremotos pueden perjudicar las instalaciones a través de los temblores de la tierra, la deformación permanente del suelo y la licuefacción. Los temblores de la tierra son un problema particular para los tanques de proceso y los digestores cuando el movimiento de las aguas negras afecta las paredes del tanque. La deformación permanente del suelo inducida por la licuefacción suele causar separación en la junta de los tanques de proceso y dañar las tuberías y los soportes de estas. Incluso si hay pilotes que soportan las estructuras del tratamiento, las tuberías enterradas pueden asentarse de forma diferencial y romperse. En el terremoto de Christchurch en 2011 en Nueva Zelanda, los clarificadores se establecieron de manera diferencial, lo que hizo que sea imposible utilizarlos. En el terremoto de Kobe en 1995, el emplazamiento de la WWTP de Higashinada se asentó diferencialmente hasta un metro y se movió lateralmente hasta dos metros debido a la licuefacción que dañó gravemente las estructuras no soportadas por pilotes. En la Figura 16-11, se muestran los daños generados. La Figura 16-12 muestra el canal del afluente de Higashinada que ha sido desplazado un metro por la licuefacción durante el terremoto de Kobe de 1995.



Figura 16-11: Las estructuras que no estaban soportadas por pilotes fracasaron debido a la licuefacción en el terremoto de Kobe en 1995



Figura 16-12: Canal de la WWTP de Higashinada desplazado por la licuefacción en el terremoto de Kobe de 1995

Los terremotos fuertes pueden producir tsunamis que pueden inundar las instalaciones, dañar estructuralmente las instalaciones de las plantas de tratamiento mediante cargas hidráulicas laterales y perjudicar los equipos eléctricos. El terremoto de Tohoku de 2011 en Japón provocó graves daños en la pared este de la estación de bombeo de efluentes de la WWTP en Sendai, como se muestra en la Figura 16-13. Se necesitaba reemplazar gran parte del equipo del tanque de proceso debido a la gran cantidad de daños, como se muestra en la Figura 16-14.



Figura 16-13: El tsunami del terremoto de Tohoku en 2011 dañó la estación de bombeo de efluentes de la WWTP en Sendai



Figura 16-14: Daños en los equipos y tuberías de la WWTP por el terremoto de 2011

24.2.2.4. Descarga

El efluente de la planta de tratamiento se descarga en una masa de agua receptora a través de una desembocadura. Las desembocaduras están compuestas de una tubería con un difusor en el extremo para descargar el agua a cientos o miles de pies de distancia de la costa, a una profundidad que minimizará el impacto en el ambiente.

24.3. Objetivos de desempeño

La naturaleza grande y distribuida de los sistemas de agua y aguas residuales, combinadas con su dependencia de otros sistemas de infraestructura, reduce la probabilidad de que exista un sistema que funcione completamente tras un evento peligroso extremo. Esta sección proporciona ejemplos de tablas de objetivos de desempeño para los sistemas de agua y aguas residuales de una comunidad (Tabla 16-2 y 16-3).

Se deben desarrollar objetivos de desempeño con aportaciones de los distintos servicios públicos y de las partes interesadas antes de que se adopten. Es importante considerar el carácter único de la infraestructura de las empresas de servicios públicos individuales y las necesidades específicas de sus clientes al adoptar los objetivos de desempeño del sistema de una comunidad. La participación de las partes interesadas en el sector del agua y las aguas residuales es fundamental para establecer objetivos de desempeño del nivel de servicio específico de la comunidad para cada uno de los tres niveles de peligro diferentes (*de rutina, de diseño y extremo*) definidos en el Capítulo 4 (Volumen 1). El grupo de las partes interesadas involucradas debe incluir la representación de las siguientes organizaciones, según sea aplicable:

- Clientes residenciales
- Propietarios de negocios
- Representantes de industrias
- Clientes mayoristas de agua
- Representantes de hospitales
- Oficiales de departamentos de bomberos y su equipo
- Oficiales de gobiernos locales
- Oficiales locales de manejo de emergencias
- Reguladores de agua potable (autoridad sanitaria, etc.)
- Reguladores de aguas residuales (Departamento de Calidad Ambiental, Agencias de Protección Ambiental, etc.)
- Ingenieros y operadores de servicios públicos de agua y aguas residuales
- Ingenieros asesores
- Operadores de sistemas de infraestructura interdependientes (energía, combustible líquido, transporte, etc.)

El establecimiento de objetivos de desempeño implica el análisis entre partes interesadas sobre las expectativas de disponibilidad de los sistemas de agua y aguas residuales después de un evento peligroso en las etapas de corto, medio y largo plazo para los diferentes niveles de peligro (p. ej., *de rutina, de diseño y extremo*). La expectativa asumida por el público es que para los eventos de *rutina* habrá poca o ninguna interrupción del servicio de las líneas de vida de agua y aguas residuales. Se necesita que exista un diálogo entre las empresas de servicios públicos y los clientes para determinar los objetivos de

desempeño adecuados del servicio para los eventos de *diseño extremos*. En las Tablas 16-2 y 16-3 se presenta un ejemplo de matriz que se puede completar para los sistemas de agua y aguas residuales. Es posible que exista variabilidad para los objetivos de una comunidad individual según el peligro específico que se va a abordar.

Tabla 16-2: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura hídrica a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}	
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto

Categoría funcional: grupo	Apoyo necesario ⁴	Tiempo general de recuperación para los peligros: de rutina, esperados o extremos								
		Etapa 1: corto plazo			Etapa 2: medio plazo			Etapa 3: largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
Fuente										
Agua cruda o de manantial y embalses terminales										
Distribución de agua cruda (estaciones de bombeo y tuberías hacia la planta de tratamiento de aguas)										
Producción de agua										
Operaciones del pozo o la planta de tratamiento en funcionamiento										
Transmisión (incluidas las estaciones de repetición)										
Instalaciones principales de transmisión (tuberías, estaciones de bombeo y tanques)										
Agua para extinción de incendios en puntos clave de suministro (para aumentar la redundancia)										
Sistemas de control										
SCADA u otros sistemas de control										
Distribución										
Instalaciones críticas										
Usuarios mayoristas (otras comunidades, distritos hidráulicos rurales)										
Hospitales, EOC, estaciones de policía, estaciones de bomberos										
Viviendas de emergencia										
Refugios de emergencia										
Viviendas/vecindarios										
Agua potable disponible en los centros de distribución comunitarios										
Agua para extinción de incendios en las bocas de incendio										
Infraestructura de recuperación comunitaria										
El resto de los grupos										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño del peligro previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).

Tabla 16-3: Tabla de ejemplo de objetivos de desempeño de la infraestructura de aguas residuales a ser completada por la comunidad y sus partes interesadas

Incidente ¹		Niveles de restauración ^{2,3}	
Tipo de peligro	Cualquiera	30%	Funcionamiento restaurado
Nivel de peligro	De rutina, de diseño y extremo	60%	Funcionamiento restaurado
Zona afectada	Localizada, comunidad, regional	90%	Funcionamiento restaurado
Nivel de perturbación	Normal, moderado, grave	X	Desempeño previsto

Categoría funcional: grupo	Apoyo necesario ⁴	Desempeño del peligro de diseño								
		Etapa 1 Corto plazo			Etapa 2 Medio plazo			Etapa 3 Largo plazo		
		Días			Semanas			Meses		
		0	1	1-3	1-4	4-8	8-12	4	4-24	24+
Plantas de tratamiento										
Plantas de tratamiento en funcionamiento con tratamiento primario y desinfección										
Plantas de tratamiento funcionando para cumplir los requisitos normativos										
Líneas troncales										
Instalaciones principales de recolección (línea troncal principal, estaciones de bombeo, sifones, redes de alimentación de alivio y cruces aéreos)										
Cuencas de nivelación del caudal										
Sistemas de control										
SCADA y otros sistemas de control										
Líneas de recolección										
Instalaciones críticas										
Hospitales, EOC, estaciones de policía, estaciones de bomberos										
Viviendas de emergencia										
Refugios de emergencia										
Viviendas/vecindarios										
Amenazas para la salud y seguridad pública controladas mediante la contención y el desvío de las aguas residuales lejos de la población										
Infraestructura de recuperación comunitaria										
El resto de los grupos										

Notas al pie:

- Indicación del tipo de peligro que se considera.
Indicación del nivel del peligro: de rutina, de diseño, extremo.
Indicación del tamaño previsto de la zona afectada: localidad, comunidad, región.
Indicación del nivel de gravedad previsto de la perturbación: leve, moderado, grave.
- 30% 60% 90% Plazos de recuperación deseados para el porcentaje de elementos dentro del grupo.
- X Desempeño previsto para la restauración del 90% del grupo de edificios y sistemas de infraestructura existentes.
Los plazos de recuperación del grupo se mostrarán en la Matriz de Resumen.
- Indicación de los niveles de apoyo previstos por el plan.
R = Regional; E = Estatal; ME = Multiestatal; C = Civil (empresas/comunidad).

La comunidad puede o no tener control sobre el desempeño de sus sistemas de infraestructura hídrica y aguas residuales después del evento peligroso. Si la comunidad posee los sistemas, tiene control directo y puede realizar mejoras según lo que crea conveniente. Si la comunidad tiene propiedad parcial (p. ej., un sistema regional), se podrían desarrollar y negociar los objetivos de desempeño para las instalaciones con los demás propietarios. Si el sistema es de propiedad privada, la comunidad puede incluir al propietario como parte interesada y trabajar para desarrollar objetivos de desempeño y soluciones que sean aceptables para ambos. Puede que las mejoras en el sistema de resiliencia necesiten la consideración de mayores tasas.

Puede haber elementos en un sistema tan críticos para la seguridad que necesiten diseñarse para mantener el funcionamiento luego de un evento *extremo*. Por ejemplo, las fallas en un dique de embalse podrían presentar un gran riesgo para la seguridad de la vida de los residentes aguas abajo.

También se necesitan considerar las dependencias de los sistemas de agua y aguas residuales con respecto a otros sistemas de infraestructura al momento de desarrollar objetivos de desempeño. Por ejemplo, es esencial la disponibilidad de un suministro confiable de combustible líquido para los generadores de reserva y los vehículos y equipos que utilizan los equipos de reparación. A su vez, el suministro de combustibles líquidos depende del estado de la red de transporte de autopistas y puentes.

Los objetivos de desempeño se desarrollan para los sistemas de agua y aguas residuales como categorías funcionales (es decir, agua para la extinción de incendios en puntos de suministro clave, plantas de tratamiento que funcionen para cumplir con los requisitos normativos). Los objetivos de desempeño deseados se registran como plazos objetivo para restaurar el funcionamiento del sistema en etapas, indicados por un 30%, 60% y 90% de estado de funcionamiento.

La calidad del servicio es un aspecto clave para el servicio de agua potable, dada la compensación entre la cantidad y la calidad durante las situaciones de emergencia. Es posible que una empresa de servicios públicos distribuya agua como respaldo para la extinción de incendios, pero puede ser necesario emitir un aviso para hervir agua con el fin de proteger la salud pública. Siempre se desea la calidad del agua, pero puede estar comprometida en ciertas condiciones de emergencia. El desempeño previsto de estos sistemas debe tener en cuenta la condición existente y los procedimientos de funcionamiento de las plantas de tratamiento y los sistemas de distribución. Generalmente, se comunica la calidad del agua al público [CDC/EPA/AWWA 2013] de la siguiente manera:

- **Aviso para hervir agua:** adecuada para el contacto, pero se debe hervir antes de consumirla y cocinar
- **No la beba:** adecuada para el contacto, pero no para el consumo
- **No la use:** no es adecuada para el contacto ni el consumo, puede verse comprometida la protección contra incendios

Los componentes de la infraestructura en los ejemplos de las tablas de objetivos de desempeño no pretenden ser una lista completa. Puede que no existan algunos componentes del sistema en la comunidad. Por ejemplo, algunas comunidades pueden tener la capacidad de distinguir entre el suministro y la distribución general de agua y el suministro de agua para la extinción de incendios. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de agua comunitarios están integrados y no separan el suministro y la distribución general de un suministro de agua para la extinción de incendios. Además, algunos sistemas de agua comunitarios podrían suministrar agua tratada a los usuarios mayoristas, como una comunidad suburbana o rural cercana. Se consideran a los usuarios mayoristas una parte fundamental del sistema de distribución dentro del ejemplo, pero no todas las comunidades consideran lo mismo. Cada comunidad necesitará revisar estos componentes para determinar cuáles incorporar en sus sistemas o si se necesitan añadir otras funciones o componentes, como opciones de planificación para proporcionar suministro de agua de emergencia a la comunidad y para funciones específicas, como hospitales e instalaciones de cuidado de la salud [CDC/AWWA 2012; EPA 2011].

La resiliencia comunitaria se desarrolla a lo largo del tiempo, según los objetivos de desempeño deseados y los planes de aplicación de cada comunidad. Es más probable que los planes comunitarios que incluyen las siguientes consideraciones satisfagan a todas las partes interesadas:

- Priorizar las posibles soluciones que se implementarán a lo largo de los años para limitar las perturbaciones y el tiempo de recuperación en lugar de planificar la aplicación de todas ellas de una sola vez.
- Reconocer que las soluciones a corto y largo plazo pueden mejorar los tiempos de recuperación.
- Equilibrar las necesidades societarias con expectativas realistas del desempeño del sistema.

Enfocarse en los principales componentes del sistema que forman una red troncal capaz de satisfacer las necesidades clave de la comunidad relacionadas con la salud y la seguridad poco después de un evento

peligroso es una forma de centrar las prioridades. Cuando la comunidad comienza a estimar el costo de aplicación de soluciones a corto y largo plazo, puede decidir reevaluar los objetivos de desempeño deseados.

24.4. Entorno regulador

24.4.1. Primacía federal y estatal

La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) establece requisitos para garantizar la calidad del agua potable bajo la autoridad de la Ley de Agua Potable Segura (SDWA [42 U.S.C. et seq. 300f-300j]) y para asegurar la calidad de los afluentes de las aguas residuales bajo la autoridad de la Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua (33 U.S.C. et seq. 1251-1387). Se puede otorgar primacía a una agencia estatal que cumple con ciertos criterios para supervisar e implementar estos requisitos.

Requisitos de ejemplo de la SDWA

- Filtración de los suministros de aguas superficiales, excepto en algunos casos el tratamiento especial de las aguas superficiales especialmente limpias.
- Desinfección de suministros (excepto unos pocos suministros de agua subterránea).
- Cubrimiento de almacenamiento de agua tratada.
- Los sistemas de agua comunitarios que abastecen a una población de más de 3300 habitantes deben realizar una evaluación de la vulnerabilidad y elaborar planes de respuesta ante emergencias.
- Se desarrollarán agencias estatales de primacía e implementarán planes para la provisión de agua potable segura en circunstancias de emergencia, que incluye terremotos, inundaciones, huracanes y otros peligros naturales, según sea adecuado.

Requisitos de ejemplo de la Ley de Agua Limpia

- Tratamiento secundario de descargas de aguas residuales.
- Desinfección de las descargas de aguas residuales.
- Se requiere que los sistemas críticos para mantener el cumplimiento de las descargas tengan energía de emergencia.

24.4.2. Otros estados

Ley de Planificación de Emergencias y del Derecho a Saber de la Comunidad (EPCRA [42 USC §§ 11001-11050]). Las instalaciones que almacenan, utilizan o liberan ciertas sustancias químicas pueden estar sujetas a los requisitos de presentación de informes a las agencias estatales o locales a través de la EPCRA. La información en los informes pasa a ser de dominio público. Las sustancias químicas de tratamiento almacenadas y utilizadas en las plantas de tratamiento suelen necesitar este tipo de informes.

Requisitos de planificación. Generalmente, los gobiernos locales y estatales controlan los requisitos de planificación y diseño de agua y aguas residuales. Los estados generalmente necesitan que se preparen planes integrales para los sistemas de agua y aguas residuales de manera regular con el fin de evaluar futuras necesidades del sistema (p. ej., capacidad) y cómo se satisfarán esas necesidades. El estado define los elementos de esos planes integrales. Con frecuencia, estos planes incluyen requisitos para identificar los peligros a los que el sistema podría estar sujeto y cómo abordará esos peligros la empresa de servicios públicos. Normalmente, estos son de naturaleza bastante general y no incluyen criterios de diseño detallados.

24.5. Códigos y normas

Los gobiernos locales y estatales adoptan códigos de edificación modelo, como el Código de Edificación Internacional (IBC). Los códigos de edificación modelo dependen en gran medida de las normas, como ASCE-7, *Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras*. En muchos casos, un estado adoptará estos códigos modelo; en algunos casos, las jurisdicciones locales los adoptan y modifican para satisfacer sus necesidades. El IBC y la ASCE-7 se enfocan en los edificios y las estructuras. Las agencias locales y estatales también pueden tener requisitos especiales para las instalaciones de alto riesgo, como los diques. La Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) controla los diseños de los diques de generación hidroeléctrica.

Los códigos de diseño, como el IBC, se actualizan regularmente según el desempeño de las instalaciones desde que se publicó el último código, la investigación y otros desarrollos en la industria de la construcción. Una vez que se finalizan, el comité de código los vota y las jurisdicciones estatales y locales pueden adoptarlos.

Las siguientes subsecciones analizan los códigos, las normas y las directrices que son importantes para la resiliencia de la infraestructura hídrica y de aguas residuales, el desempeño previsto de la infraestructura luego de un evento peligroso de diseño y los niveles de recuperación a largo plazo de la infraestructura cuando se producen los daños.

24.5.1. Nuevas construcciones

Normas de diseño. Las normas de diseño a menudo se desarrollan según un proceso de consenso basado en ANSI y varias organizaciones las adoptan de forma voluntaria. La membresía en los comités incluye la representación de las partes interesadas más esenciales. En algunos casos, las normas de diseño están referenciadas por el código de construcción. En otros casos, las empresas de servicios públicos pueden utilizarlas proyecto por proyecto. Existen dos organizaciones con las normas de diseño que son importantes para los impactos de peligros naturales en la industria de agua y aguas residuales:

- ***Instituto Americano del Concreto:*** normas que abordan los tanques de proceso de concreto, como la ACI 350-06.
- ***Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA, por sus siglas en inglés):***
 - Normas que abordan el diseño de los tanques de almacenamiento de agua, como la AWWA D100 [2011], D110 (2013), D115 (2006), relativas al diseño sísmico de los tanques de almacenamiento de agua.
 - Norma AWWA-J100, Gestión de riesgos y resiliencia de los sistemas de agua y aguas residuales [AWWA 2010], que aborda el desempeño de los sistemas de agua y aguas residuales cuando están sujetos a eventos peligrosos naturales y provocados por el hombre.

AWWA tiene otras normas que abordan el diseño de tuberías y la calidad del agua, pero ninguna de ellas aborda los eventos peligrosos naturales.

No hay normas de diseño para las tuberías subterráneas en los sistemas de agua y aguas residuales ni normas que aborden el diseño para peligros de terremotos, deslizamiento de tierra o inundaciones. A menudo el ingeniero jefe de una empresa de servicios públicos es responsable de establecer sus prácticas y criterios de diseño. Si bien las prácticas de diseño específicas de la agencia pueden seguir las recomendaciones de la industria, no son consistentes entre los sistemas y pueden tener diferentes niveles de confiabilidad.

Por ejemplo, la Comisión de Servicios Públicos de San Francisco (SFPUC) desarrolló su propia norma interna que describe los objetivos de desempeño para el nivel deseado de servicio luego de un importante terremoto en la zona de la Bahía e identifica los requisitos específicos para el diseño y el reacondicionamiento de la infraestructura superficial y subterránea. La Norma de Diseño de la SFPUC, *General Seismic Requirements for Design of New Facilities and Upgrade of Existing Facilities* (Requisitos sísmicos generales para el diseño de instalaciones nuevas y modernización de instalaciones existentes) [SFPUC, 2006], establece los criterios de diseño que, en muchos casos, son más estrictos que los códigos de edificación o las normas industriales. La norma de diseño apoya el objetivo de desempeño de la SFPUC para lograr un nivel básico de servicio a sus clientes mayoristas dentro de las 24 horas luego de un terremoto de diseño.

Directrices y manuales de práctica. Muchas organizaciones han desarrollado directrices para uso de la industria. Las directrices suelen brindar ejemplos de cómo se puede aplicar una norma o presentar un contexto de funcionamiento de una determinada práctica óptima. Las directrices y los manuales pueden no recibir el mismo nivel de consenso o revisión pública que una norma, pero generalmente son representantes de las normas industriales. La Tabla 16-4 enumera algunos códigos, normas y documentos de orientación aplicables a los sistemas de infraestructura de agua y aguas residuales con respecto a la resiliencia comunitaria. La tabla incluye una matriz de los componentes del sistema abordados en la referencia. Esta lista no pretende ser completa.

Tabla 16-4: Códigos, normas y directrices relacionadas con la resiliencia en las instalaciones de agua potable y aguas residuales

Org.	Categoría (1)	Nombre	General	Tuberías	Bombeo	Almacenamiento	Tratamiento
IBC	C	Código de Edificación Internacional de 2012 o código de construcción jurisdiccional aplicable	•				
ASCE	N	Cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras ASCE 7	•				
ACI	N	Requisitos del código para estructuras de concreto de ingeniería ambiental 350				•	•
ACI	N	Guía para el análisis, diseño y construcción de tanques de almacenamiento de agua elevados de concreto y compuestos de acero y concreto 371R-08				•	
ACI	N	Diseño y construcción de estructuras circulares de concreto pretensado con recubrimiento de alambre 372R-03				•	•
AWWA	N	Tanques de acero al carbono soldados para el almacenamiento de agua D100-11				•	
AWWA	N	Tanques de concreto pretensado, circulares, de alambre enrollado D110-13				•	
AWWA	N	Tanques de agua de concreto pretensado a tendón D115-06				•	
AWWA	N	Operación y gestión de plantas de tratamiento de agua G100-11	•				
AWWA	N	Prácticas de seguridad para la operación y la gestión G430-14	•				
AWWA	N	Prácticas de preparación para emergencias G440-11	•				
AWWA	N	Gestión de riesgos y resiliencia de los sistemas de agua y aguas residuales J100-10	•				
ALA	D	Directrices para la implementación de las evaluaciones de desempeño de los sistemas de agua	•				
ALA	D	Directrices para el diseño de tubos de acero enterrados (2001)		•			
ALA	D	Diseño y reacondicionamiento sísmico de los sistemas de tuberías (2002)			•		•
ALA	D	Formulaciones de fragilidad sísmica para sistemas de agua (2001)	•				
ALA	D	Directrices sísmicas para tuberías de agua (2005)		•			
ALA	D	Directriz para la evaluación del desempeño del sistema de aguas residuales (2004)	•				
ASCE	D	Directrices para el diseño sísmico de sistemas de tuberías y gasoductos (1984)		•			
AWWA	D	Planificación de emergencia de fuentes de energía para agua y aguas Residuales	•				
AWWA	D	Tubo de presión de concreto M9		•			
AWWA	D	Manual Tubo de acero M11: guía para el diseño y la instalación		•			
AWWA	D	Planificación para emergencias en empresas de servicios de agua M19 (2001)	•				
AWWA	D	Preparación y respuesta a la sequía M60	•				
AWWA	D	Minimizar daños de terremotos, una guía para las empresas de servicios públicos de agua (1994)	•				
EPA / AWWA	D	Planificación para Atender Situaciones de Emergencia en Sistemas de Agua Potable	•				
MCEER	D	Análisis de fragilidad de sistemas de suministro de agua MCEER-08-0009 (2008)	•				
MCEER	D	Serie monográfica N.º 3 Respuesta de tuberías enterradas sujetas a terremotos		•			
MCEER	D	Serie monográfica N.º 4 Diseño sísmico de tuberías enterradas o marítimas		•			
TCLEE	D	Monografía 15 Directrices para la evaluación sísmica y la mejora de las instalaciones de transmisión de agua (1999)		•			
TCLEE	D	Monografía 22 Listas de verificación de examen de detección sísmica para instalaciones de agua y aguas residuales (2002)	•				
WEF	D	Planificación, respuesta y recuperación de emergencias	•				
WEF	D	Guía para estrategias municipales de clima húmedo	•				
WEF	D	MOP 28 Modernización y reequipamiento de plantas de tratamiento de agua y aguas residuales					•
WEF	D	Diseño de Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales MOP 8					•
WEF	D	MOP FD-17 Prevención y control de desbordamientos en sistemas de alcantarillado	•				
WRF / AWWA / EPA	D	Plan de continuidad del negocio de los servicios públicos de agua	•				

(1) C: código; N: norma; D: directriz o manual de práctica (MOP)

24.5.1.1. Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro esperados

Los códigos de construcción o las normas de diseño locales normalmente rigen el diseño de las nuevas estructuras superficiales (edificios de oficinas y laboratorios de plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de proceso, tanques de almacenamiento de agua y embalses, etc.). Las cargas de diseño están prescritas por una norma basada en el consenso, *Norma 7 de Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras de ASCE* [ASCE 2010]. Esta norma usa el concepto de la categoría de riesgo para aumentar las cargas de diseño para las estructuras importantes. Los edificios habituales están diseñados para la categoría de riesgo II. Las instalaciones de tratamiento de agua y aguas residuales se asignan a la categoría de riesgo III, que incluye las instalaciones que pueden perturbar la vida de la población civil o causar riesgos posibles para la salud pública. Las instalaciones de almacenamiento de agua y las estaciones de bombeo que necesitan mantener la presión del agua para los sistemas de extinción de incendios se asignan en la categoría más alta, la categoría de riesgo IV.

El código de edificación prevé que las estructuras diseñadas como categoría de riesgo III o IV se mantengan en funcionamiento o solo necesiten pequeñas reparaciones para mantenerse en funcionamiento luego de un evento peligroso de *diseño*. Al diseñar para un evento de nivel de *diseño*, los sistemas de agua y aguas residuales deben permanecer en funcionamiento en un evento de nivel de *rutina*, pero pueden experimentar daños de moderados a mayores durante un evento de nivel *extremo*.

24.5.2. Construcción existente

24.5.2.1. Niveles de desempeño implícitos o declarados para el nivel de peligro esperados

Los criterios de diseño para los peligros sísmicos continúan refinándose a medida que mejora la comprensión de la comunidad de ingeniería y sismología de la actividad sísmica de los Estados Unidos. Se diseñó y construyó una gran parte de los componentes del sistema de agua y aguas residuales en las regiones con elevada actividad sísmica del oeste y centro de los Estados Unidos para un peligro natural sísmico menor que el especificado por los códigos y normas actuales.

El desempeño previsto de los componentes del sistema de agua y aguas residuales durante terremotos depende del nivel de peligro, de los códigos y las normas usadas en el diseño normal y del tipo de estructura. Es posible que los componentes del sistema que se construyeron a mediados de 1970 tengan un rendimiento deficiente porque nuestra comprensión del comportamiento de las estructuras durante los terremotos no estaba tan avanzada como ahora. Sin embargo, algunas categorías de estructuras, como las estructuras tipo muro de cortante de concreto de un solo piso, son intrínsecamente robustas y es probable que tengan un buen desempeño durante un evento de diseño. El desempeño de los componentes del sistema que se construyeron entre mediados de 1970 y principios de 2000 depende de la edición del código/la norma, las cargas sísmicas utilizadas en el diseño y el tipo de estructura. Se prevé que las estructuras que satisfacen los criterios de construcción de referencia de ASCE 41-13 y se encuentran en zonas que no han visto grandes aumentos en las cargas sísmicas, en general, tendrán un desempeño similar a las nuevas construcciones, tal como se describió anteriormente. También se prevé que los componentes del sistema que se construyeron después de principios del año 2000 tengan un desempeño similar a las nuevas construcciones, tal como se describió anteriormente.

Se debe evaluar el desempeño previsto de los componentes no estructurales caso por caso, ya que actualmente los ingenieros prestan más atención al diseño y a la construcción de los componentes no estructurales.

Se debe evaluar el desempeño previsto de las tuberías sistema por sistema porque el desempeño de estas depende del tipo de tubería, el tipo de junta y los parámetros de movimiento de la tierra sísmicos. No hay códigos o normas, incluso hoy en día, para el diseño sísmico de las tuberías.

24.5.2.2. Niveles de recuperación

Existen muchos eventos peligrosos que han dejado sin funcionamiento a los servicios públicos durante semanas y que han mostrado la importancia de considerar las dependencias de los sistemas de agua y aguas residuales con respecto a otros sistemas del entorno construido. A continuación, se presentan algunos eventos notables y sus niveles de recuperación:

Gran inundación de 1993. En la gran inundación de 1993, el río Raccoon salió de su cauce y dejó la WTP de la ciudad Des Moines, Iowa bajo agua [McMullen 1994]. El agua bajó y la planta restauró el agua no potable en 12 días y el agua potable en 19 días [McMullen 1994]. El corte de agua perturbó los funcionamientos de los restaurantes y hoteles. La sede principal de la empresa de seguros hizo que los camiones suministraran agua y la bombearan al edificio para enfriar las computadoras. La central telefónica regional de AT&T casi perdió el servicio de telefonía debido a los problemas de enfriamiento de las computadoras.

Terremotos de Northridge y Kobe. En el terremoto de Northridge en 1994, el sistema de distribución de agua de Los Ángeles sufrió aproximadamente 1000 fallas de tuberías, principalmente en el valle de San Fernando (Davis 2014). Con ayuda mutua, pudieron restaurar completamente el servicio de agua potable para todos en un plazo de 12 días. Un año después, el terremoto de Kobe, Japón en 1995 provocó daños en 1200 tuberías, lo que resultó en la pérdida del servicio para todos los hogares por hasta 60 días [NIST 1996].

Huracán Katrina. La tormenta del 29 de agosto de 2005 de categoría 4 provocó fallas en los diques que generaron inundaciones de aproximadamente el 80% de Nueva Orleans, incluidos daños a sus plantas de tratamiento de agua y aguas residuales [Black & Veatch Corporation 2006]. La interrupción del servicio de agua y aguas residuales y la reducción de la demanda debido a la evacuación de los clientes que nunca regresaron resultaron en una importante disminución en los ingresos. En 2012, se estimó que la población de Nueva Orleans era sólo el 76% de su población en el año 2000. Se restauró el agua para la extinción de incendios en una semana. Se restauró el agua potable según las manzanas de las ciudades: 1 mes más para restaurar el servicio en el East Bank al oeste del Canal Industrial, tres meses para restaurar el servicio en el East Bank al este del Canal Industrial y más de nueve meses para restaurar a una parte de Lower 9th Ward [Black & Veatch Corporation 2006].

Terremotos de Christchurch, Nueva Zelanda y Tohoku, Japón. Los recientes terremotos de 2011 en Christchurch, Nueva Zelanda y Tohoku, Japón resultaron en cortes de agua potable que duraron más de 40 días [G&E Engineering Systems Inc., 2012]. Las ciudades japonesas afectadas recibieron la asistencia mutua de las ciudades del oeste de Japón.

24.6. Estrategias para implementar planes de resiliencia comunitaria

Esta sección utiliza información de las Secciones 16.2 a la 16.5 para proporcionar orientación sobre el proceso para evaluar la infraestructura de agua y aguas residuales, definir las soluciones para mejorar la resiliencia de la infraestructura y reducir las brechas de resiliencia.

24.6.1. Enfoques de evaluación del sistema

El propósito de la evaluación es calificar el desempeño previsto y la recuperación del sistema en general y determinar si cumple con los objetivos de desempeño (Sección 16.3). Si el sistema no cumple con los objetivos de desempeño deseados, puede que la evaluación identifique las deficiencias del sistema que, si se mejoran, puede ayudar a lograr dichos objetivos. Es probable que la evaluación necesite la coordinación y colaboración de otros sistemas de infraestructura para abordar las dependencias.

La Sección 16.2 describió los componentes básicos de los sistemas de agua y aguas residuales y brindó ejemplos de las fallas observadas en eventos peligrosos pasados. El desempeño del sistema depende en gran medida de su condición existente y de los criterios de diseño, que incluye los códigos y las normas. La información sobre el desempeño anterior de los sistemas similares, combinada con el conocimiento de la condición existente y la base del diseño, ayuda a una empresa de servicios públicos a estimar el nivel previsto de servicio que se podría proporcionar después de un evento peligroso.

Es posible que exista una brecha entre el nivel de servicio que un sistema puede proporcionar si en el presente se produce un evento peligroso y los objetivos de desempeño comunitarios deseados. Es probable que el gasto de capital necesario para cerrar esta brecha de desempeño exceda los presupuestos de proyectos de mejoras de capital a corto plazo de la empresa de servicios públicos. Sin embargo, se puede mejorar gradualmente la resiliencia de todo sistema a lo largo del tiempo si se tienen debidamente en cuenta los criterios de diseño para reducir el impacto de los peligros en sistemas de infraestructura nuevos y actualizados. Para estimar el nivel de servicio que podría proveer un sistema de agua o aguas residuales luego de un evento peligroso determinado, se necesita una evaluación de los daños previstos al sistema y las secuencias y los tiempos de restauración. A continuación, se describen algunas de las varias metodologías y herramientas disponibles para llevar a cabo estas evaluaciones: Aunque la estimación de pérdidas ha progresado en los últimos 20 años, los resultados siguen siendo estimaciones. Estas estimaciones pueden ser útiles para comparar las alternativas.

Hazus-MH. Hazus-MH es una herramienta de estimación de pérdida de peligros múltiples (inundaciones, terremotos y huracanes) de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) que se usa en la mitigación, la preparación para emergencias y la planificación de respuesta y recuperación [FEMA 2012]. Las comunidades pueden utilizar esta herramienta para caracterizar su exposición al peligro, estimar las pérdidas de los sistemas de agua y aguas residuales y calcular los costos y la duración de las reparaciones. También se puede utilizar para informar un análisis AWWA J100, tal como se analiza a continuación.

ANSI/AWWA J100-10. La Norma para la gestión de riesgos y resiliencia de los sistemas de agua y aguas residuales [AWWA 2010] proporciona una metodología para realizar evaluaciones de riesgos y resiliencia de sistemas de peligros múltiples. La norma J100 se alinea con los objetivos de seguridad nacional en la Directiva Presidencial del Seguridad Nacional/HSPD-5 [DHS 2003], PPD-8 [2011], PPD-21 [2013] y la Orden Ejecutiva (OE) 13636 [la Casa Blanca 2013b]. La norma J100-10 consiste en un proceso de siete pasos para analizar y apoyar las decisiones de gestión que maximizan la reducción del riesgo o mejoran la resiliencia de la empresa de servicios públicos y de la comunidad a la que presta servicios.

1. Caracterización de activos
2. Caracterización de amenazas
3. Análisis de consecuencias
4. Análisis de vulnerabilidad
5. Análisis de amenazas
6. Análisis de riesgos y resiliencia
7. Gestión de riesgos y resiliencia

Determinar la resiliencia del nivel de activos para las amenazas específicas es parte de la metodología de evaluación y puede apoyar el proceso de una comunidad para determinar los objetivos de desempeño deseados y el desempeño previsto (Sección 16.3). La norma J100 también incluye un Índice de Resiliencia de Empresas de Servicios Públicos (URI, por sus siglas en inglés), una evaluación a nivel de sistema de los indicadores de funcionamiento y financieros. El URI puede funcionar como una referencia para evaluar los posibles proyectos de mejora de resiliencia y como una medida para seguir el proceso de una empresa de servicios públicos a lo largo del tiempo hacia el logro de los objetivos de desempeño de resiliencia.

Un enfoque para evaluar los impactos financieros es calificar la pérdida de la función en términos de valor por unidad de servicio, dólares por persona por día. Esto puede estimarse mediante la cuantificación de la cantidad de clientes en la zona sin servicio y el tiempo que toma restaurar el servicio allí. Por ejemplo, si una zona de presión que abastece a 1000 personas pierde su servicio durante 5 días, el resultado es 5 días x 1000 personas o 5000 días persona. Actualmente, FEMA permite \$103/día por persona para la pérdida del servicio. Entonces 5000 días persona × \$103/días/persona = \$515 000. Si se solicita un Subsidio de Mitigación de Peligros de FEMA, se puede utilizar como una pérdida evitada en un análisis de costo-beneficio para un proyecto que reduciría el tiempo de corte a cero días.

VSAT, PARRE y WHEAT. Se han desarrollado varias herramientas para apoyar la evaluación de riesgos de los servicios públicos de agua. La Vulnerability Self-Assessment Tool [Herramienta de autoevaluación de la vulnerabilidad] (VSAT [EPA 2014]) y el Program for Analysis of Risk and Resiliency Evaluation [Programa para el análisis del riesgo y evaluación de la resiliencia] (PARRE [Binning, 2014]) se han diseñado para ayudar a las empresas de servicios públicos de agua y aguas residuales a aplicar la norma J100. La VSAT se complementa con la Water Health and Economic Analysis Tool [Herramienta de análisis económico y de salud del agua] (WHEAT), que cuantifica tres consecuencias asociadas con un evento peligroso: 1) impacto en la salud pública, 2) impacto financiero a nivel de servicios públicos y 3) impacto económico regional directo e indirecto [EPA 2014]. La WHEAT se alinea específicamente con el paso 3 (análisis de consecuencia) de la norma J100.

EPA. El Centro de Investigación y Seguridad Nacional (NHSRC) de la EPA también apoya los esfuerzos para mejorar la resiliencia de los servicios públicos. La colaboración con AWWA resultó en el desarrollo de la *Planificación para Atender Situaciones de Emergencia en Sistemas de Agua Potable* [EPA 2011], que apoya directamente una evaluación de capacidad que se basa en las amenazas de la norma J100 para mantener el servicio.

Se necesitan evaluar y mejorar estos enfoques de evaluación de resiliencia para convertirlos en una metodología coherente antes de su aplicación. En la siguiente subsección, se describe un ejemplo de un procedimiento de evaluación de la resiliencia de terremotos para un sistema de agua.

24.6.1.1. Ejemplo de la evaluación de la resiliencia de terremotos

- Identificar la(s) situación(es) hipotética(s) adecuada(s) de terremotos. Desarrollar u obtener información sobre el movimiento de la tierra para cada una de ellas. El USGS tiene situaciones hipotéticas disponibles para una serie de terremotos en EE. UU. Obtenga mapas de peligros de licuefacción y deslizamiento de tierra disponibles en el departamento de geología del estado. Use el SIG para todo el mapeo.

En el caso de las tuberías enterradas, realizar lo siguiente:

- Hacer un inventario de las tuberías del sistema, que incluye el material de la tubería, el tipo de junta y la longitud.
- En el SIG, superponer el sistema de distribución de tuberías en mapas del peligro de la situación hipotética (velocidad máxima en tierra, licuefacción y deslizamiento de tierra posibles).

- Utilizar relaciones empíricas desarrolladas por la Alianza Estadounidense de Líneas Vitales (ALA) para predecir la cantidad de roturas y fugas en el sistema de tuberías.
- Estimar el tiempo necesario para reparar la cantidad prevista de roturas y fugas según los datos históricos de productividad del equipo y restaurar la funcionalidad del sistema. Considerar los estados de daños previstos de los sistemas dependientes (transporte, combustible líquido, etc.).

En el caso de la infraestructura superficial, realizar lo siguiente:

- Hacer un inventario de los componentes del sistema (tanques, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, etc.), que incluye el tipo de construcción, la fecha de la construcción original y todos los reacondicionamientos posteriores.
- Estimar el nivel de daños previstos para los componentes del sistema de aguas superficiales según las observaciones de los terremotos anteriores, el peligro sísmico utilizado al momento de la construcción original o el reacondicionamiento y el juicio profesional de ingenieros conocedores del desempeño sísmico de los sistemas de agua. Utilizar las curvas de fragilidad que se encuentran en Hazus-MH para determinar el desempeño previsto de un tipo particular de instalación para un movimiento de tierra determinado.
- Estimar el tiempo necesario para reparar los daños previstos en la infraestructura superficial y restaurar la funcionalidad del sistema. Considerar los estados de daños previstos de los sistemas dependientes (transporte, combustible líquido, etc.).

En el caso del sistema, realizar lo siguiente:

- Determinar el desempeño previsto del sistema según los daños en las tuberías e instalaciones.
- Determinar el tiempo previsto para la recuperación de la función para el sistema, incluidas las tuberías enterradas y la infraestructura superficial.
- Comparar el estimado del tiempo para la recuperación de la función con los objetivos de desempeño deseados establecidos por la comunidad.

Cabe observar que el tiempo de recuperación para las empresas de servicios públicos que compran agua de los proveedores mayoristas depende en gran medida del tiempo de recuperación de la empresa de servicios públicos suministradora. Los proveedores mayoristas de agua necesitan trabajar con sus clientes para evaluar los daños previstos y los tiempos de restauración desde la fuente hasta los clientes finales individuales. En este caso, las evaluaciones de resiliencia del sistema de agua y aguas residuales pueden necesitar un enfoque regional para caracterizar el desempeño previsto del sistema de sistemas en un evento peligroso de forma adecuada.

24.6.2. Soluciones para mejorar el desempeño del sistema

24.6.2.1. Consideraciones generales

La evaluación del sistema descrita en la sección anterior puede identificar las deficiencias del sistema, el rendimiento inadecuado de los componentes del sistema, la pérdida de la función del sistema o los períodos prolongados de recuperación luego de un evento peligroso. La mitigación de todas las deficiencias podría ser una tarea abrumadora. La comunidad y el propietario del sistema necesitan identificar el plazo de tiempo para lograr la resiliencia comunitaria. En el caso del plan de resiliencia de Oregón [OSSPAC 2013], se propuso un plazo de tiempo de 50 años.

Existe una cantidad de enfoques para ayudar en la mitigación del sistema. Sin embargo, un punto de partida podría ser establecer una estrategia general, como la siguiente:

- Reacondicionar las plantas de tratamiento exclusivas para lograr el desempeño deseado.
- Reemplazar la tubería más vulnerable o menos confiable con el paso del tiempo.
- Lograr el pleno suministro y la redundancia del tratamiento mediante la construcción de plantas de tratamiento adicionales.
- Mejorar la resiliencia del sistema de transmisión mediante el reacondicionamiento de la infraestructura existente y la incorporación de redundancia.

Los proyectos de mitigación de los componentes del sistema se pueden integrar en el Plan de Mejora del Capital (CIP, por sus siglas en inglés). El CIP se compone normalmente de proyectos necesarios para abordar las instalaciones antiguas y las necesarias para satisfacer las crecientes demandas del sistema. En general, las instalaciones como las plantas de tratamiento y los tanques se construyen con una vida de diseño de 50 años, los equipos de las instalaciones con una vida de diseño de 20 años y las tuberías enterradas con una vida de diseño de 100 años. Por supuesto que existen excepciones a estos números de vida de diseño, pero el punto es que, en un plazo de 50 años, se reemplazarán muchas de las instalaciones del sistema a medida que alcancen su vida útil de diseño. Cuando eso suceda, se las debe reemplazar con instalaciones e infraestructura que cumpla con los criterios de desempeño deseados. La necesidad de instalaciones resilientes puede ser solo uno de los factores que impulsan la sustitución de una instalación, mientras que otros son el aumento de la demanda, el alto nivel de mantenimiento y la baja confiabilidad.

Muchas comunidades están en crecimiento. Se necesitarán nuevas instalaciones para satisfacer esas demandas. Estas nuevas instalaciones pueden diseñarse para cumplir con los criterios de desempeño deseados. En algunos casos, las nuevas instalaciones pueden complementar las existentes. Las instalaciones nuevas y existentes pueden ser necesarias para satisfacer las demandas de los días pico, pero la comunidad podría recuperarse después de un evento peligroso catastrófico con el servicio reducido según la nueva instalación.

Algunas instalaciones críticas podrían ser vulnerables a los peligros que se están evaluando. Pueden ser esenciales para la continuidad del funcionamiento, pero su reparación puede ser costosa o llevar mucho tiempo. En estos casos, la comunidad puede considerar la posibilidad de redireccionar parte de su presupuesto de capital para centrarse en estas instalaciones críticas.

En algunos casos, puede haber soluciones que permitan una rápida reparación de las instalaciones críticas que cuestan mucho menos que el reemplazo completo o la actualización. Podría ser muy costoso instalar una nueva tubería de transmisión para cruzar una falla sísmica. En cambio, una comunidad puede decidir adquirir mangueras de gran diámetro para salvar la falla sísmica si esta se rompe.

Los sistemas de distribución de agua o los sistemas de recolección de aguas residuales son un activo valioso para la mayoría de las empresas de servicios de agua. Mientras que el valor de un solo tramo de tubería es menor que el de una planta de tratamiento o tanque de almacenamiento, la longitud total del sistema de tuberías tiene un valor alto. Desafortunadamente, en muchas comunidades, gran parte de la tubería está en su vida útil de diseño o más allá de esta y su reemplazo es costoso. Las tuberías de fundición, en particular, son vulnerables a los terremotos.

Existen algunos enfoques razonables que las comunidades pueden seguir. Las comunidades pueden enfocarse al principio en las tuberías que dan servicio a las funciones fundamentales. Tener un sistema principal funcional puede proporcionar beneficios inmediatamente después de un evento peligroso. El sistema principal consiste en un sistema de transmisión y líneas de distribución clave que prestan servicios a las instalaciones críticas, como los hospitales. Una vez que se selecciona el sistema principal, se pueden identificar los segmentos más vulnerables junto con el sistema principal según, por ejemplo, el material de la tubería, la condición y el entorno del suelo en el que se encuentra. En el caso de los terremotos, las tuberías en los suelos licuados son particularmente vulnerables. La empresa de servicios

públicos puede llevar a cabo este proceso y priorizar las tuberías que presentan el mayor riesgo y que son fundamentales para la prestación de servicios esenciales.

Las empresas de servicios públicos con un programa de gestión de activos pueden diseñar un programa de reemplazo de tuberías que esté coordinado con el horizonte de tiempo deseado para la resiliencia comunitaria. La empresa de servicios públicos puede planificar procedimientos de recuperación y respuesta ante emergencias para acelerar la recuperación. La instalación de válvulas de aislamiento en ubicaciones clave puede permitir el aislamiento de partes muy dañadas de un sistema. Mantener un inventario importante de piezas de repuesto puede mejorar el proceso de restauración. Tener acuerdos de ayuda mutua, como la Red de la Agencia de Agua/Aguas Residuales o el programa WARN [AWWA 2015], también puede mejorar la capacidad de la empresa de servicios públicos para realizar reparaciones rápidas en el sistema.

Las mejoras en la resiliencia pueden ir acompañadas de otras mejoras en el sistema de infraestructura para maximizar el beneficio de los recursos financieros limitados. Por ejemplo, puede ser difícil justificar el reemplazo de cientos de millas de tuberías de agua solo teniendo en cuenta las consideraciones de resiliencia a los terremotos, pero junto con el reemplazo de tuberías antiguas y en mal estado, el costo adicional de la utilización de materiales y juntas de tuberías más resilientes a los terremotos es relativamente menor. Las mejoras importantes en un plazo más corto pueden necesitar campaña más extensa de divulgación y educación pública.

24.6.2.2. Soluciones para las nuevas construcciones

Los proveedores de agua y aguas residuales deben considerar los objetivos de desempeño deseados en todos los nuevos proyectos de construcción. Se pueden diseñar proyectos para satisfacer o exceder los requisitos del código en los que no se anticipan las normas de código mínimas para cumplir con los objetivos de resiliencia comunitaria. Si no existen códigos para una categoría particular de estructura o instalación, el diseñador puede considerar las directrices y mejores prácticas disponibles (consulte la Tabla 10-3). El costo adicional del diseño y la construcción para la resiliencia puede ser un porcentaje relativamente pequeño de los costos totales del proyecto.

24.6.2.3. Soluciones para las construcciones existentes

Los proveedores de agua y aguas residuales pueden integrar mejoras de resiliencia en la infraestructura existente como parte del proceso de planificación de mejora del capital. El proceso de realizar evaluaciones de resiliencia del sistema puede identificar tuberías e instalaciones que son críticas para la resiliencia general del sistema y su función.

Es necesario evaluar los componentes críticos y considerar una serie de posibles soluciones, lo que incluye el reacondicionamiento o reemplazo de los componentes existentes o de los componentes redundantes del edificio. El reacondicionamiento de la infraestructura existente o de nuevos componentes redundantes puede mejorar el rendimiento previsto del sistema. En algunos casos, se pueden justificar los sistemas redundantes según el aumento de los requisitos de la demanda. Un nuevo sistema redundante podría proporcionar un suministro adecuado para cumplir con las demandas básicas hasta que se repare el sistema dañado. Todo lo que se haga debe formar parte de las funciones cotidianas de la empresa de servicios públicos. Las características especiales que se agregan para aumentar la resiliencia, pero que no se utilizan nunca hasta que se produce un evento, pueden no estar en funcionamiento cuando se necesitan.

24.7. Referencias

- Allouche, E.N.; R. Sterline; E. Chisolm; D. Hill; and D. Hall (2006) "Assessment of Damage to Urban Buried Infrastructure in the Aftermath of Hurricanes Katrina and Rita," *Pipelines 2006*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), pp. 1-8.
- Instituto Americano del Concreto (ACI 2006) *ACI 350-06: Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures*, Instituto Americano del Concreto (ACI), Farmington Hills, MI.
- Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2010) *ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, Segunda Edición, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.
- Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 2013) *ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) Instituto de Ingeniería Estructural (SEI), Reston, VA.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2001) *M19 Emergency Planning for Water Utilities*, Cuarta edición, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2006) *AWWA D115-06 Tendon-Prestressed Concrete Water Tanks*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2010) *AWWA J100-10 Risk and Resilience Management of Water and Wastewater Systems*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2011) *ANSI/AWWA D100-11 Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2013) *ANSI/AWWA D110-13 Wire- and Strand-Wound, Circular, Prestressed Concrete Water Tanks*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2014) *ANSI/AWWA G430-14 Security Practices for Operation and Management*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA 2015) *Water/Wastewater Agency Response Network (WARN)*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO, <http://www.awwa.org/resources-tools/water-knowledge/emergency-preparedness/water-wastewater-agency-response-network.aspx>. Visitado el 18 de abril de 2015.
- Aubuchon, C.P. y K.M. Morley (2013) "The Economic Value of Water: Providing Confidence and Context to FEMA's Methodology," *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 10 de abril (1), 245-265.
- Ballantyne, D.B. (1994) *Minimizing Earthquake Damage, A Guide for Water Utilities*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Ballantyne, D.B. y C.B. Crouse. (1997) *Reliability and Restoration of Water Supply Systems for Fire Suppression and Drinking Following Earthquakes*, NIST GCR 97-730, Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) Building and Fire Research Laboratory, Gaithersburg, MD.
- Binning, D. (2014) "J100 and the Safety Act - What's in It for Me?" *Journal - American Water Works Association*, 106(12): 22-24, <http://dx.doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0167>.
- Black & Veatch Corporation (2006) *Report on Operations for 2005: Sewage & Water Board of New Orleans*, Louisiana. Junta de Alcantarillado y Agua de Nueva Orleans, Overland Park, KS.

- Centros para el Control y Prevención de Enfermedades y Asociación Americana de Obras Hidráulicas (CDC/AWWA 2012) *Emergency water supply planning guide for hospitals and health care facilities*, Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS), Atlanta, GA, <http://www.cdc.gov/healthywater/pdf/emergency/emergency-water-supply-planning-guide.pdf>.
- Chisolm, E.I. y J.C. Matthews (2012) “Impact of Hurricanes and Flooding on Buried Infrastructure,” *Leadership and Management in Engineering*, Julio, Vol. 12, Edición 3, 151-156.
- Davis, Craig A. (2014) “Water System Service Categories, Post-Earthquake Interaction, and Restoration Strategies,” *Earthquake Spectra*, Noviembre, Vol. 30, N.º 4, pp. 1487-1509.
- Departamento de Seguridad Nacional (DHS 2003) *Homeland Security Presidential Directive-5: Management of Domestic Incidents*, DHS, Washington, DC <http://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Homeland%20Security%20Presidential%20Directive%205.pdf>. Visitado el 19 de abril de 2015.
- Eidinger, J. (2012) “Performance of Water Systems during the Maule Mw 8.8 Earthquake 27 February 2010,” *Earthquake Spectra*, Vol. 28, N.º S1, S605-S620.
- Eidinger, J.M. y A.K. Tang (2012) *Christchurch, New Zealand Earthquake Sequence of Mw 7.1 September 04, 2010 Mw 6.3 February 22, 2011 Mw 6.0 Junio 13, 2011: Lifeline Performance*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA, http://static1.squarespace.com/static/5006875e24ac21f35d8de8d2/t/51734da0e4b08db71071600f/136651008778/Lifelines_Compndium.pdf.
- Eidinger, John y Craig A. Davis (2012) *Recent Earthquakes Implications for US Water Utilities*, Informe de Internet n.º 4408, G&E Engineering Systems Inc. para la Fundación de Investigación del Agua, Denver, CO, <https://static1.squarespace.com/static/5006875e24ac21f35d8de8d2/t/51622bd9e4b0b72aa94f503b/1365388249527/4408+WRF+Recent+Eqs+Aug+29+2012.pdf>.
- Elliott, T. y A.K. Tang (2009) *Pacific Northwest Storms of December 1-4, 2007 Lifeline Performance*, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), Reston, VA.
- Agencia de Protección Ambiental (EPA 2010) *VSAT – Risk Assessment Tool for Water Sector Utilities*, Agencia de Protección Ambiental (EPA), Washington, D.C.
- Agencia de Protección Ambiental (EPA 2011) *Planning for an Emergency Drinking Water Supply*, EPA 600/R-11/054, preparado para el Centro de Investigación y Seguridad Nacional de la Agencia de Protección Ambiental por la Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA) y CDM, Agencia de Protección Ambiental (EPA), Washington, D.C., Junio.
- Agencia de Protección Ambiental (EPA 2014) *Water Health and Economic Analysis Tool*, Versión 3.0, Herramienta de Análisis de Consecuencias, Agencia de Protección Ambiental (EPA), Washington, D.C.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2012) *Manual del usuario de Hazus-MH 2.11*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2013) *Mitigation Assessment Team Report Hurricane Sandy in New Jersey and New York Building Performance Observations, Recommendations, and Technical Guidance*, Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), Washington, DC.
- Hoover, J.E. (1941) “Water supply facilities and national defense,” *Journal - American Water Works Association*, 33(11), 1861-1865.
- McMullen, L.D. (1994) “Surviving the Flood: Teamwork Pays Off in Des Moines,” *Journal - American Water Works Association*, 86(1): 68-72.

- Morley, K.M. (2012) “A lesson in resilience from derecho,” *Journal - American Water Works Association*, 104(9), 20, 22-23. <http://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/33135246.aspx>.
- Murphy, M. (1994) “Weathering the Storm: Water Systems Versus Hurricanes,” *Journal - American Water Works Association*, 86(1): 74-83.
- Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST 1996) *The January 17, 1995 Hyogoken-Nanbu (Kobe) Earthquake: Performance of Structures, Lifelines, and Fire Protection Systems*, Gaithersburg, MD: Instituto Nacional de Normas y Tecnología.
- Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York (NYCDEP 2013) *New York City Wastewater Resiliency Plan: Climate Risk Assessment and Adaptation Study*, Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York, Octubre, http://www.nyc.gov/html/dep/html/about_dep/wastewater_resiliency_plan.shtml.
- Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregón (OSSPAC 2013) *The Oregon Resilience Plan, Reducing Risk and Improving Recovery for the Next Cascadia Earthquake and Tsunami*, Salem, OR: Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregón.
- PPD-21 (2013) Directiva presidencial de política/PPD-21, la Casa Blanca, 12 de febrero, 2013, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil>.
- PPD-8 (2011) Directiva presidencial de política, PPD-8 – preparación nacional, la Casa Blanca, 30 de marzo, 2011, <http://www.dhs.gov/presidential-policy-directive-8-national-preparedness>.
- Grupo de trabajo de Preparación, respuesta ante emergencias y recuperación CIPAC (2009) *All-Hazard Consequence Management Planning for the Water Sector*, Noviembre.
- Randon, C. (2006) “Employees fight to keep infants safe,” *PR Tactics*, Septiembre, www.prsa.org.
- Rhoades, C.C.; D. Entwistle, y D. Butler (2011) “The Influence of Wildfire Extent and Severity on Streamwater Chemistry, Sediment and Temperature Following the Hayman Fire, Colorado,” *International Journal of Wildland Fire*, 20:3:430. <http://dx.doi.org/10.1071/WF09086>.
- Rosen, J.S.; A.J. Whelton; M.J. McGuire; J.L. Clancy; T. Bartrand; A. Eaton; J. Patterson; M. Dourson; P. Nance; C. Adams (2014) “The crude MCHM chemical spill in Charleston, W.Va.,” *Journal - American Water Works Association*, 106 (9): 65-74. <http://dx.doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0134>.
- Sanders, D.A. (1997) “Damage to Wastewater Treatment Facilities from Great Flood of 1993,” *Journal of Environmental Engineering*, enero, vol. 123, edición 1.
- SFPUC (2006) *General Seismic Requirements for Design of New Facilities and Upgrade of Existing Facilities*, Comisión de Servicios Públicos de San Francisco, San Francisco, CA.
- Stevens, D.R. y L.D. Pittman (2004) *Emergency Power Source Planning for Water and Wastewater*, Asociación Americana de Obras Hidráulicas (AWWA), Denver, CO.
- Tanaka, S.S. (1995) “Shaken into action,” *Journal - American Water Works Association*, 87(5): 71-75.
- La Casa Blanca (2013b) *Orden Ejecutiva 13636 – Improving Critical Infrastructure Cybersecurity*, la Casa Blanca, Washington, DC, <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-02-19/pdf/2013-03915.pdf>. Visitado el 19 de abril de 2015.
- Thompson, Phil (2012) “Standby Power Generation: A Key Part of an Emergency Plan,” *Journal - American Water Works Association*, 104(1): 34-36, <http://dx.doi.org/10.5942/jawwa.2012.104.0019>.

Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y Asociación Americana de Obras Hidráulicas (CDC/EPA/AWWA 2013) *Drinking Water Advisory Communication Toolbox*, Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS), Atlanta, GA, http://www.cdc.gov/healthywater/emergency/dwa-comm-toolbox/index.html?s_cid=cs_001, <http://www.cdc.gov/healthywater/pdf/emergency/drinking-water-advisory-communication-toolbox.pdf>.

Writer, J.H.; A. Hohner; J. Oropeza; A. Schmidt; K.M. Cawley; F.L. y Rosario-Ortiz (2014) “Water treatment implications after the High Park Wildfire, Colorado,” *Journal - American Water Works Association*, 106:4, E189-E199, <http://dx.doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0055>.

25. Métricas de resiliencia comunitaria

26. Resumen ejecutivo de las métricas de resiliencia comunitaria

Las métricas ayudan a las comunidades a evaluar su nivel actual de resiliencia y los posibles beneficios de las acciones para mejorar su resiliencia. Para ser útiles, las métricas seleccionadas por el equipo de planificación deben ser indicadoras de la capacidad de la comunidad para responder y recuperarse de los eventos peligrosos. Las métricas primarias utilizadas a través de esta Guía son los tiempos de recuperación de la función (tiempos de recuperación) para los grupos de edificios y para los sistemas de infraestructura de apoyo identificados como críticos para la vitalidad económica y el bienestar social de la comunidad.

Se estiman los tiempos de recuperación para los peligros predominantes que se espera que afecten a la comunidad. Dado un conjunto de impactos físicos sobre el entorno construido y los tiempos de recuperación, es posible estimar los impactos económicos, sociales y ambientales asociados. Seleccionar las métricas para medir los impactos económicos, sociales y ambientales a nivel comunitario y predecir cómo se verán afectados por las decisiones específicas de planificación y aplicación es un área de investigación desafiante y continua.

Las siguientes secciones revisan ejemplos de métricas económicas, sociales y ambientales sugeridas en la bibliografía investigativa y resume varias metodologías representativas de evaluación de la resiliencia. Si bien la dimensión económica es solo una de las tres principales dimensiones a nivel comunitario que deben evaluarse junto con las dimensiones social y ambiental, es quizás la más conveniente y bien desarrollada de las tres.

26.1. Antecedentes

Los tipos de métricas de resiliencia comunitaria son muy variados. Pueden ser descriptivos o cuantitativos; se pueden basar en entrevistas, opiniones de expertos, análisis de ingenieros o conjunto de datos preexistentes. Se pueden representar como un puntaje general o como un conjunto de puntajes importados por separado a través de las dimensiones físicas, económicas, sociales y ambientales. Independientemente de las metodologías utilizadas para desarrollar y resumir los resultados, las métricas de resiliencia comunitaria eficaces deben abordar las siguientes dos preguntas [Academias Nacionales 2012a]:

- ¿Cómo pueden los líderes comunitarios saber cuán resiliente es su comunidad?
- ¿Y cómo pueden saber si sus decisiones e inversiones para mejorar la resiliencia están marcando una gran diferencia?³

En 2012, el Comité Nacional de Academias para la Creciente Resiliencia Nacional ante Peligros y Desastres y el Comité para las Políticas de Ciencias, Ingeniería y Públicas evaluó diecisiete enfoques para medir varios aspectos de resiliencia. Los autores concluyeron que ninguna de las diecisiete metodologías existentes abordó satisfactoriamente las dos preguntas básicas planteadas anteriormente. Como resultado, una de las seis recomendaciones principales del informe fue el desarrollo de una “planilla de resultados de resiliencia nacional, a partir de la cual las comunidades pueden desarrollar sus propias planillas de resultados” [Academias Nacionales 2012b]. Se encuentran recomendaciones similares en otras revisiones recientes sobre la reducción del riesgo de peligros y la resiliencia [Oficina del Gobierno para la Ciencia del Reino Unido 2012; UNISDR 2012]. Una planilla de resultados personalizada o localmente relevante indica que una sola planilla de resultados puede no ser adecuada para un amplio rango de comunidades (p. ej., desde pequeñas comunidades agrícolas hasta grandes ciudades industriales).

³ Tal como se indicó en (Academias Nacionales 2012b), “medir la resiliencia es desafiante, pero es esencial si las comunidades quieren seguir su progreso hacia la resiliencia y priorizar sus acciones debidamente”.

26.2. Características deseables para las métricas de resiliencia comunitaria

Desde una perspectiva comunitaria, las métricas eficaces de la resiliencia comunitaria deben ser métricas precisas, confiables, completas, escalables, asequibles y accionables de la capacidad de la comunidad para responder ante eventos peligrosos o recuperarse de estos. Cutter [2014] sugiere que las comunidades busquen métricas de resiliencia que sean abiertas y transparentes y que estén alineadas con los objetivos y la visión de la comunidad. Además, las métricas de resiliencia comunitaria necesitan ser simples y estar bien documentadas, abordar peligros múltiples, ser replicadas por otros, caracterizar la extensión geográfica, las dimensiones físicas y los miembros de la comunidad, y ser adaptables y ampliables a diferentes comunidades y circunstancias cambiantes.

Este capítulo se enfoca en las métricas y las metodologías de la resiliencia comunitaria que pueden predecir de forma confiable las implicaciones físicas, económicas y ambientales (positivas o negativas) de las decisiones de la comunidad (activas o pasivas) tomadas con respecto a la planificación, la ubicación, el diseño, la construcción, la operación, la protección, el mantenimiento, la reparación y la restauración del entorno construido.

26.3. Tipos de métricas

Tal como se definió en PPD-21 [2013] y se remarcó a través de esta Guía, el concepto de resiliencia va más allá de la magnitud de los daños físicos directos sufridos por diversos componentes del entorno construido para un evento peligroso. El concepto de resiliencia comunitaria necesita métricas que puedan evaluar y medir el desempeño a escala comunitaria, en lugar de, por ejemplo, el de un solo edificio, sistema de infraestructura o dimensión social.

Más allá de los daños físicos directos y los costos de reparación del entorno construido, las comunidades podrían considerar al menos cuatro categorías amplias de métricas: (1) métricas de recuperación de la función comunitaria (tiempo de recuperación), (2) métricas de vitalidad económica, (3) métricas de bienestar social y (4) métricas de resiliencia ambiental. Una comunidad puede usar métricas para medir las mejoras a lo largo del tiempo o predecir la efectividad de las soluciones propuestas. Sin embargo, predecir cómo estas métricas se verán afectadas por las decisiones específicas de planificación y aplicación es un área de investigación desafiante y continua.

Es posible que las métricas de resiliencia comunitaria tengan influencia directa y cuantificable de causa y efecto sobre la resiliencia, mientras que otras pueden tener alguna influencia postulada sobre la resiliencia o simplemente estar correlacionadas con esta. A continuación, se presentan ejemplos de métricas que pueden influir los tiempos de recuperación, la vitalidad económica, el bienestar social y la resiliencia ambiental y estar correlacionadas con estos.

26.3.1. Tiempo hasta la recuperación de la función

Una métrica que se basa en el tiempo hasta la recuperación de la función del entorno construido es fácil de comprender, pero difícil de predecir con precisión o confianza. Los estimados de los tiempos de recuperación podrían verse afectados por los siguientes elementos:

- Criterios de diseño utilizados para componentes del entorno construido y su condición inmediatamente antes del evento peligroso.
- Cargas y efectos peligrosos aplicados al entorno construido durante un evento o después de este.
- Distribución espacial y extensión de los daños físicos al entorno construido.
- Disponibilidad de recursos y liderazgo para mejorar o reparar el entorno construido.

- Dependencias críticas entre las estructuras del entorno construido y sociales en una comunidad.

Los tiempos de recuperación tienen un impacto directo en los procesos económicos, sociales y ambientales de una comunidad. Como tal, las estimaciones de los tiempos de recuperación del sistema se convierten en un requisito previo para la mayoría, si no para todas, las demás medidas de resiliencia comunitaria. Debido al gran volumen de datos necesarios y a la complejidad del modelado del entorno construido a escala comunitaria, es probable que los tiempos de recuperación sean estimaciones basadas en alguna combinación de modelado simplificado, experiencia pasada y juicio experto.

En el Capítulo 9 del Volumen 1 se encuentra un ejemplo de los tiempos de recuperación para el grupo de edificios y los sistemas de infraestructura de una comunidad hipotética. Los tiempos de recuperación se basan en los ejemplos de edificios y sistemas de infraestructura analizados en los Capítulos 12 al 16. Cada comunidad tendrá su propio conjunto de grupos de edificios, sistemas de infraestructura y niveles de desempeño deseados que reflejen sus objetivos y prioridades.

26.3.2. Vitalidad económica

La salud y el desarrollo económico son problemas importantes para las comunidades. Los problemas de desarrollo económico incluyen atraer y conservar negocios y empleos, construir una base impositiva, abordar la pobreza y la desigualdad, mejorar los servicios locales y la sostenibilidad económica. A continuación, se analizan estos factores. En la Sección 17.5 se ofrecen más antecedentes sobre los enfoques y temas del modelado económico.

26.3.2.1. Atraer y conservar negocios y empleos

Generalmente, una comunidad que no puede atraer y conservar negocios y empleos se encuentra en recesión. Por lo tanto, atraer y conservar negocios y empleos es uno de los principales problemas de la mayoría de las comunidades; en particular, las comunidades prefieren negocios que producen empleos bien remunerados. Las métricas para la vitalidad económica podrían incluir la tasa de empleo, el ingreso per cápita, el producto interno bruto o regional per cápita y la tasa de rendimiento escolar.

Las métricas que señalan la capacidad de una comunidad para seguir atrayendo y conservando negocios y empleos dependen de la resiliencia de los grupos de edificios y de los sistemas de infraestructura. Por ejemplo, la disponibilidad de viviendas seguras y asequibles después de un evento peligroso, junto con los servicios de infraestructura, son elementos clave para los empleados y la salud económica de la comunidad.

26.3.2.2. Base impositiva

Para la mayoría de las ciudades, las fuentes de ingresos locales constan de alguna combinación de impuestos sobre la propiedad y sobre las ventas. Mediante la atracción de empresas comerciales y empleos se mantiene la base de ingresos del impuesto sobre las ventas. La base de ingresos del impuesto sobre la propiedad depende de los valores de esta.

Las métricas de la base impositiva incluyen los precios inmobiliarios, alquileres e ingresos por turismo (por ejemplo, impuesto hotelero). Las métricas que señalan la manera en que una base impositiva comunitaria se vería afectada por un evento peligroso podrían incluir el alcance de la cobertura del seguro de propiedad en toda la comunidad, el porcentaje de la propiedad en zonas susceptibles a los peligros (como llanuras aluviales) y la cantidad de permisos de edificación emitidos.

26.3.2.3. Pobreza y distribución del ingreso

La pobreza y distribución del ingreso es un problema muy importante de las comunidades locales. Muchas comunidades tienen programas para disminuir la pobreza en sus vecindarios y disponen de una gran cantidad de fondos externos para mitigar la pobreza. Este problema se cruza con la resiliencia comunitaria porque las personas desfavorecidas suelen ser las más vulnerables después de los eventos peligrosos. Las métricas de pobreza y distribución del ingreso incluyen la tasa de pobreza y el coeficiente de Gini, una medida de la dispersión del ingreso [El Banco Mundial 2015].

26.3.2.4. Servicios e instalaciones locales

Los servicios y las instalaciones locales incluyen una variedad de otros servicios, como transporte público, parques, museos, restaurantes y teatros. Los servicios y las instalaciones locales mejoran la calidad de vida de los residentes locales. Además, la mejora de los servicios locales puede atraer y conservar de manera indirecta a los negocios y empleos. Muchas fuentes proporcionan estos servicios. Algunos son proporcionados por los gobiernos locales, otros son privados y otros se basan en el medio ambiente natural. Las métricas para los servicios dependerán de la comunidad y puede medirse de manera indirecta a través de la vitalidad económica, el bienestar social o las métricas ambientales.

26.3.2.5. Sostenibilidad económica

Las comunidades locales están interesadas en asegurar el desarrollo y mantenimiento de una economía vibrante y próspera, incluso en medio de eventos peligrosos. Las métricas de la sostenibilidad económica incluyen el crecimiento de las tasas del producto interno bruto o regional.

Los factores que podrían afectar la sostenibilidad económica de una comunidad luego de eventos peligrosos incluyen el grado en que la economía local depende de una sola industria. Las métricas podrían incluir el porcentaje de empleos en cada industria de servicio, como agricultura o minería.

26.3.2.6. Otras métricas económicas

Una serie de métricas económicas se asocian con los aspectos no económicos de la resiliencia comunitaria o los afectan. Por ejemplo, las tasas de endeudamiento son la medida de la capacidad de una comunidad para hacer frente a los eventos peligrosos. Los niveles de pobreza pueden afectar la capacidad de las personas para recuperarse de un evento peligroso, así como la propiedad de automóviles y teléfonos. De manera similar, la sostenibilidad económica influirá en gran medida en el capital social.

26.3.3. Bienestar social

Según la jerarquía de las necesidades humanas presentadas en la Sección 10.3, las métricas sociales deben abordar lo siguiente:

- **Supervivencia:** preservación de la vida y disponibilidad de agua, alimentos, vestimenta y refugio.
- **Protección y seguridad:** seguridad personal, financiera, salud y bienestar.
- **Sentido de pertenencia:** pertenencia y aceptación entre familiares, amigos, vecinos y organizaciones.
- **Crecimiento y logros:** oportunidades de reconocimiento y realización.

La resiliencia comunitaria luego de un evento peligroso depende de qué tan bien se satisfagan estas necesidades. A continuación, se ofrecen ejemplos de métricas para cada una de las necesidades humanas. El Índice de Bienestar de Canterbury [CERA 2014] es un ejemplo de un plan de resiliencia que incluye varios de estas métricas.

26.3.3.1. Supervivencia

La supervivencia depende de la capacidad de los residentes, empleados y visitantes de una comunidad para cumplir con los requisitos básicos físicos, como agua, alimentos, refugio y vestimenta. Los inquilinos pueden ser los más vulnerables en la recuperación del evento, ya que pueden carecer de acceso a información de ayuda financiera o de suficientes opciones de refugio en casos extremos [Cutter et al. 2003].

La capacidad para cumplir con estos requisitos depende de la funcionalidad de los edificios y los sistemas de infraestructura, los sistemas de suministro y el personal de estos sistemas. Las organizaciones gubernamentales, no gubernamentales de ayuda o el sector privado pueden satisfacer estas necesidades.

Las métricas para la supervivencia durante un evento peligroso o luego de este pueden incluir los siguientes:

- Disponibilidad y asequibilidad de la vivienda.
- Tasas de pobreza.
- Tasas de personas sin hogar.
- Adopción de códigos de edificación e historial de aplicación.
- Eficacia de los sistemas de advertencia.
- Planes integrales de operaciones de emergencia (acuerdos de ayuda mutua, recursos de respuesta ante emergencias, equipos de búsqueda y rescate urbanos, refugios públicos).
- Capacidad de las organizaciones de servicio comunitario que ayudan a distribuir agua, alimentos o ropa o a proporcionar refugio después de un evento peligroso.
- Nivel de preparación para el peligro en el hogar.
- Porcentaje de hogares ocupados o alquiladas por sus propietarios.
- Porcentaje de hogares y negocios asegurados.
- Disponibilidad de alojamiento a corto y medio plazo.
- Distancia a la familia y amigos no afectada por el evento peligroso.

26.3.3.2. Protección y seguridad

La protección y seguridad incluyen todos los aspectos de la seguridad personal y financiera y de salud y bienestar. Las personas necesitan protección y seguridad en sus vidas personales ante situaciones de violencia, abuso físico o verbal, etc., así como saber que sus familiares y amigos están a salvo. Los individuos también necesitan seguridad financiera, que puede incluir seguridad laboral, ingresos consistentes, cuentas de ahorro, pólizas de seguro y otras redes financieras. Finalmente, las personas necesitan seguridad frente a las condiciones de salud deficientes, para que puedan disfrutar de la vida y del bienestar consecuente.

Los ejemplos de métricas para la seguridad personal evaluados antes o después de un evento peligroso podrían incluir estadísticas comunitarias sobre asaltos, delitos contra la propiedad, tasas de reincidencia e informes sobre abuso o negligencia infantil.

Los ejemplos de métricas para la seguridad financiera incluyen las tasas de empleo (también en las métricas económicas en la Sección 17.3.2.1). Además, las métricas de cómo un evento peligroso puede afectar un empleo puede incluir el tipo de ocupación, los niveles educativos, el porcentaje de residentes que viajan fuera de las comunidades para trabajar y el género. Por ejemplo, las mujeres pueden tener más dificultades que los hombres para conservar sus empleos debido al tipo de empleo, la reducción de salarios o las responsabilidades de cuidado familiar. Algunas ocupaciones, como las que se basan en el turismo, pueden verse muy afectadas por un evento peligroso [Cutter et al., 2003].

Los ejemplos de las métricas para la salud y el bienestar podrían incluir admisiones médicas por enfermedades graves, tasas de inmunización, admisiones hospitalarias por cáncer, tasas de abuso de sustancias y tasas de donantes de sangre. Además, las métricas para la salud y el bienestar de la

comunidad pueden incluir el porcentaje de la población con seguro médico, el acceso a los servicios de salud y la demografía comunitaria. Las métricas del servicio de salud incluyen la demanda del sistema de salud y la capacidad de las salas de emergencia, las camas para pacientes hospitalizados, las clínicas ambulatorias, los centros de salud comunitarios y los servicios de salud mental. La demografía de la comunidad incluye la distribución por edades, la cantidad de personas con discapacidades o las que tienen acceso y necesidades funcionales.

26.3.3.3. Sentido de pertenencia

Las métricas sociales también pueden abordar la pertenencia y la aceptación entre varios grupos de personas (p. ej., familia, amigos, grupos escolares, equipos deportivos, colegas de trabajo, congregación religiosa) o la pertenencia a un lugar o una ubicación. Los ejemplos de métricas relacionadas con el sentido de pertenencia incluyen los siguientes [Foxton y Jones, 2011]:

Participación cívica:

- Tasas de inscripción o participación de votantes
- Participación en grupos de acción local
- Percepción de estar bien informado acerca de los asuntos locales

Redes sociales:

- Contacto frecuente con amigos, familiares, vecinos, etc.
- Cantidad de amigos y familiares geográficamente cercanos

Participación social:

- Membresía y participación en grupos sociales, culturales y de ocio comunitarios, como clubes deportivos
- Membresía y participación en organizaciones religiosas y otros sistemas de creencias
- Voluntariado en organizaciones sociales

Confianza

- Confidencia en el liderazgo, como el gobierno, los negocios y las organizaciones sociales a varios niveles
- Confianza en los miembros comunitarios

26.3.3.4. Crecimiento y logros

Los seres humanos necesitan tener un sentido de logro y respeto en la sociedad, junto con la necesidad de un crecimiento y exploración continuos. Las actividades relacionadas con el crecimiento y los logros incluyen formación y participación en las artes y la recreación. Los ejemplos de métricas relacionadas con el crecimiento y los logros educativos incluyen los siguientes: capacidad del sistema educativo y demanda de maestros, aulas, libros, tasas de graduación, membresías en bibliotecas públicas y niveles educativos.

26.3.4. Resiliencia ambiental

Además de promover la vitalidad económica y el bienestar social, existe un creciente interés en proteger y mejorar los ambientes naturales (p. ej., ser ecológico y mantener una pequeña huella ecológica). La

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA 2014] define la resiliencia comunitaria ambiental como “minimizar los riesgos ambientales asociados con los peligros, devolver la funcionalidad de los servicios ecológicos y ambientales críticos con rapidez después de un evento de peligro y aplicar este proceso de aprendizaje para reducir las vulnerabilidades y los riesgos ante futuros incidentes”.

Las métricas de resiliencia ambiental incluyen la calidad del aire, el agua y el suelo, el grado de desarrollo en las llanuras aluviales u otras zonas sensibles al medioambiente, el nivel de tratamiento de desechos y la capacidad de eliminación, el consumo promedio de agua por día, el porcentaje de superficies impermeables, las tasas de erosión, la pérdida de humedales y muchos otros [p. ej., EPA 2014; Cutter et al. 2014; UNISDR 2014].

26.3.5. Métricas híbridas

Algunas métricas se combinan con otras métricas en un puntaje general. Se pueden incluir tipos adicionales de métricas, más allá de las cuatro amplias categorías analizadas anteriormente. En la Sección 17.3.6. se analizan las métricas para edificios o sistemas de infraestructura.

Debido a la escasez de datos, los aspectos exclusivos de cómo afecta cada peligro a una comunidad y la falta de modelos de resiliencia comunitaria aplicables, los esquemas de escalamiento y ponderación utilizados para agregar métricas dispares en un puntaje general se basan en gran medida en el razonamiento y el juicio de aquellas personas que desarrollan la métrica general. Los esquemas de escalamiento y ponderación deben evitar el uso de métricas superpuestas o estrechamente relacionadas, ya que pueden sesgar los planes de resiliencia con indicadores superponderados o mediante la doble contabilización de los beneficios. Una técnica ampliamente utilizada es la de monetizar todas las métricas, como el valor estadístico de las vidas perdidas, los empleos perdidos, los ingresos de negocios perdidos y el aumento de los costos del cuidado de salud. Sin embargo, este enfoque no puede abordar de forma adecuada todas las dimensiones sociales o ambientales de la resiliencia comunitaria.

26.3.6. Otras métricas

Los ejemplos de las métricas de edificios y sistemas de infraestructura incluyen los siguientes:

- Ocupación de viviendas, ocupación de propiedades comerciales, demanda de vivienda temporal.
- Nivel de presión del sistema de agua, calidad del agua o la demanda promedio diaria.
- Capacidad y demanda de los sistemas de transportes, como vehículos por hora o capacidades de transporte de tonelaje.
- Disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de comunicaciones para teléfono, internet, etc.
- Disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de energía para energía eléctrica, gas natural y combustibles líquidos.

26.4. Ejemplos de metodologías existentes para la evaluación de la resiliencia comunitaria.

En la bibliografía investigativa, se han propuesto muchas metodologías de evaluación de resiliencia en toda la comunidad, tal como se analiza en la Sección 17.1. Esta sección presenta un breve resumen de nueve metodologías y su aplicabilidad como herramientas para evaluar la resiliencia comunitaria. Las nueve metodologías constituyen una muestra representativa de las fuentes y técnicas de evaluación de la comunidad. No todas las nueve metodologías fueron desarrolladas específicamente para evaluar la resiliencia comunitaria, pero se consideran relevantes y posiblemente aplicables en su totalidad o en parte.

Existen otras herramientas de evaluación de la resiliencia que no se abordan aquí. La revisión metodológica tiene la intención de ayudar a las comunidades a considerar las distintas herramientas disponibles para obtener la información y participación comunitaria necesarias para desarrollar un plan de resiliencia comunitaria.

26.4.1. Metodología SPUR

SPUR es una organización sin fines de lucro apoyada por sus miembros que reúne a varias partes interesadas para desarrollar soluciones a los problemas que enfrentan las ciudades en el Área de la Bahía de San Francisco. Como parte de su trabajo, SPUR desarrolló una metodología que proporciona “un marco para mejorar la resiliencia de San Francisco a través de políticas de mitigación sísmicas”. Los objetivos declarados del informe de SPUR [2009] son los siguientes:

1. *Definir el concepto de “resiliencia” en el contexto de planificación de desastres.*
2. *Establecer objetivos de desempeño para los terremotos previstos que apoyen nuestra definición de resiliencia.*
3. *Definir las medidas de desempeño transparentes que nos ayuden a lograr nuestros objetivos de desempeño.*
4. *Sugerir los siguientes pasos para los nuevos edificios, edificios existentes y líneas vitales de San Francisco.*

La metodología de SPUR se enfoca en establecer objetivos de desempeño para los distintos grupos de edificios (es decir, grupos de edificios que proporcionen un servicio comunitario, como instalaciones de respuesta críticas, viviendas de emergencia o servicios de vecindarios) y determinar los tiempos de recuperación objetivo para un evento específico de terremoto en la zona de San Francisco. Si bien las métricas económicas y sociales no son productos directos de la metodología SPUR, los grupos de edificios seleccionados y los objetivos de tiempo de recuperación proporcionados están claramente destinados a mejorar la resiliencia económica y social de San Francisco. Del mismo modo, aunque SPUR se centra en los terremotos como el principal peligro, la metodología subyacente se aplica a todas las demás comunidades y peligros.

26.4.2. Plan de Resiliencia de Oregón

En 2011, la Resolución 3 de la Cámara de Representantes de Oregón dirigió la Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregón (OSSPAC) “para liderar y coordinar la preparación de un Plan de Resiliencia de Oregón que revise las opciones de políticas, resuma los informes y estudios importantes de las agencias estatales y haga recomendaciones sobre la dirección de las políticas para proteger vidas y mantener el flujo comercial durante un terremoto o tsunami en Cascadia o luego de estos”. La OSSPAC reunió ocho grupos de trabajo (terremotos y tsunamis, continuidad de los negocios y la fuerza de trabajo, comunidades costeras, edificios críticos, transporte, energía, información y comunicaciones, agua y aguas residuales) y asignó las siguientes tareas a cada grupo:

1. *Determinar los **posibles impactos** de un terremoto o tsunami de magnitud 9.0 en Cascadia, en sus sistemas sociales y físicos asignados, y a partir de ahí, estimar el tiempo necesario para restaurar las funciones si se produjera el terremoto en las condiciones actuales.*
2. *Definir **plazos de tiempo aceptables** para restaurar las funciones luego de un futuro terremoto en Cascadia para cumplir con el desempeño de resiliencia esperado.*

3. *Recomendar cambios en prácticas y políticas que, si se implementan en los próximos 50 años, permitirá que Oregón alcance los objetivos de resiliencia deseados.*

El Plan de Resiliencia de Oregón [OSSPAC 2013] se basó en la metodología SPUR y la iniciativa de resiliencia del estado de Washington [Consejo de Manejo de Emergencias del Comité de Seguridad Sísmica del Estado de Washington 2012] para producir una proyección a nivel estatal de los impactos de un solo evento de terremoto o tsunami. La iniciativa de resiliencia del estado de Washington es un marco desarrollado según la metodología de SPUR, similar al Plan de Resiliencia de Oregón. El marco de la iniciativa de resiliencia del estado de Washington utiliza una tabla objetivos de desempeño y criterios similares a los del Plan de Resiliencia de Oregón. Los impactos previstos incluyen la pérdida de vidas, la destrucción o daños de edificios y el desplazamiento de hogares. Una vulnerabilidad particular a nivel estatal identificada en el estudio es el suministro de combustible líquido de Oregón y la cascada de impactos inducidos por una perturbación a largo plazo de dicho suministro. El estudio incluye acciones recomendadas para mejorar la resiliencia para el evento peligroso seleccionado y acortar el tiempo de recuperación estatal.

26.4.3. Planilla de resultados de la UNISDR sobre la capacidad de resiliencia de las ciudades en casos de desastre

La Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR) “proporciona un conjunto de evaluaciones que permitirán que las ciudades comprendan cuán resilientes son ante los desastres naturales” [UNISDR 2014]. La planilla de resultados tiene la “intención de permitirles a las ciudades establecer una medida de línea de base de su nivel actual de resiliencia a desastres, identificar las prioridades para la inversión y la acción y seguir su progreso en la mejora de su resiliencia a los desastres a lo largo del tiempo”. Existen 85 criterios de evaluación de resiliencia ante los desastres agrupados en las siguientes áreas:

- **Investigación**, incluida la compilación y comunicación de las amenazas y las respuestas necesarias basadas en datos empíricos.
- **Organización**, que incluye la política, la planificación, la coordinación y el financiamiento.
- **Infraestructura**, que incluye los sistemas y la infraestructura crítica y social y el desarrollo adecuado.
- **Capacidad de respuesta**, incluida la provisión de información y la mejora de la capacidad.
- **Ambiente**, que incluye el mantenimiento y la mejora de los servicios del ecosistema.
- **Recuperación**, que incluye el triaje, los servicios de apoyo y la planificación de eventos.

Cada criterio de evaluación aborda un aspecto de resiliencia ante desastres y tiene una medida cualitativa (de 0 a 5, donde 5 es la buena práctica).

La lista de verificación formal se organiza en torno a los “10 elementos esenciales para que las ciudades sean más resilientes”, que se elaboraron para alinearse con las cinco prioridades del Marco de Acción de Hyogo [UNISDR 2005]. El puntaje general es el porcentaje de los posibles puntos de cada una de las 85 medidas. La UNISDR sugiere que las ciudades planifiquen de 2 a 3 personas que trabajen durante un mínimo de 1 semana para completar una evaluación, que puede durar hasta 2 meses para que la evaluación sea más detallada y exhaustiva.

26.4.4. Sistema de Resiliencia Comunitaria de CARRI

El Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional (CARRI) desarrolló el Sistema de Resiliencia Comunitaria (CRS) [CARRI 2013] para que sea “un proceso orientado a la acción, habilitado por la web,

que ayude a las comunidades a evaluar, medir y mejorar su resiliencia a... las amenazas y perturbaciones de todo tipo y, en última instancia, a ser recompensadas por sus esfuerzos. El Sistema de Resiliencia Comunitaria (CRS) reúne a las personas, el proceso y la tecnología para mejorar la resiliencia en las comunidades individuales. El sistema no solo incluye una base de conocimiento para ayudar a las comunidades a mantenerse informadas sobre su trayectoria de resiliencia, sino también una guía de procesos que proporciona un enfoque sistemático para pasar del interés y el análisis a la visión y la planificación de acciones. También brinda un mecanismo colaborativo para que otras partes interesadas apoyen los esfuerzos de la comunidad”.

El CRS es una iniciativa financiada por DHS/FEMA. Comenzó en 2010 y convocó a tres grupos de trabajo: investigadores (grupo temático), líderes comunitarios (grupo de líderes comunitarios) y representantes del gobierno y del sector privado (grupo de beneficios de resiliencia). Los hallazgos de estos grupos de trabajo culminaron en el desarrollo de una herramienta basada en la web de CRS junto con aplicaciones piloto en ocho comunidades a partir del verano de 2011.

El CRS aborda 18 Áreas de Servicio Comunitario (CSA, por sus siglas en inglés) distintas y está diseñado específicamente para su uso por parte de los líderes comunitarios. El proceso web es un enfoque basado en listas de verificación, con preguntas personalizadas para cada CSA. La respuesta a una pregunta puede desencadenar en preguntas adicionales. Para muchas de las preguntas, se proporcionan campos de comentarios para que las comunidades puedan responder las preguntas de la manera más específica posible. El equipo de CARRI observa que un enfoque facilitado (es decir, un grupo externo que trabaja con la comunidad, como CARRI), es más efectivo. “El proceso de CRS trabaja de forma más productiva como un modelo ‘parcialmente facilitado’ en el que algunos conocimientos especializados de apoyo ayudan a las comunidades a aplicar aspectos de la resiliencia y a integrarlos en sus circunstancias y procesos comunitarios”.

26.4.5. Conjunto de herramientas de impulso de la resiliencia comunitaria (CART)

El Centro de terrorismo y desastres del Centro de ciencias de la salud de la Universidad de Oklahoma desarrolló el Conjunto de herramientas de impulso de la resiliencia comunitaria o CART (por sus siglas en inglés) [TDC 2012]. Fue financiado por la Administración de Servicios de Abuso de Sustancias y Salud Mental, el Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos y el Consorcio Nacional para el Estudio del Terrorismo y las Respuestas al Terrorismo, el Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades.

CART está diseñado para mejorar la resiliencia comunitaria a través de la planificación y la acción. Involucra a las organizaciones comunitarias en la recolección y uso de datos de evaluación para desarrollar e implementar soluciones para construir la resiliencia comunitaria para la prevención y la recuperación de peligros, así como la preparación para estos y la respuesta ante estos. El proceso de CART utiliza una combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos e involucra los siguientes pasos:

1. Generar un perfil comunitario (socios y equipo de CART)
2. Mejorar el perfil comunitario (grupos de trabajo comunitario)
3. Desarrollar un plan de estrategia (grupos de planificación comunitario)
4. Implementar el plan (grupos y líderes comunitarios)

El enfoque de CART no es específico del peligro y se aplica en comunidades de diverso tamaño y tipo. Es innovador, ya que proporciona un conjunto completo de herramientas y directrices para que las comunidades evalúen su resiliencia en una serie de ámbitos. El conjunto de herramientas incluye la encuesta de evaluación de CART, las entrevistas con informantes clave, el marco de recopilación de datos, las conversaciones comunitarias, los mapas de infraestructura del vecindario, los mapas ecológicos

de la comunidad, el análisis de las partes interesadas, el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) y la evaluación de la capacidad y la vulnerabilidad. El centro del enfoque es proporcionar un proceso que involucre a las comunidades en el pensamiento sobre la resiliencia y brindar una base para actividades de resiliencia más avanzadas.

26.4.6. Indicadores de resiliencia base para las comunidades (BRIC)

El proceso de los Indicadores de resiliencia base para las comunidades (BRIC [Cutter et al. 2014]) se enfoca en el trabajo previo de Cutter et al. [2010] y se basa en una investigación empírica con un marco conceptual y teórico. Los BRIC miden la resiliencia comunitaria general. El enfoque proporciona una métrica de resiliencia para utilizarla en decisiones de política. Con los datos de 30 fuentes públicas y de libre acceso, los BRIC abarcan 49 indicadores (métricas) asociados con los siguientes seis dominios:

- Social (10 indicadores)
- Económico (8 indicadores)
- Viviendas e infraestructura (9 indicadores)
- Institucional (10 indicadores)
- Capital comunitario (7 indicadores)
- Ambiental (5 indicadores)

Los BRIC no son específicos del peligro y se han implementado a nivel de condado. Los 49 indicadores se seleccionaron a través de justificaciones conceptuales, teóricas y empíricas que capturan las cualidades asociadas con la resiliencia comunitaria. Los indicadores en los seis dominios identifican las posibles zonas que pueden considerar los formuladores de políticas para realizar estrategias de inversión e intervención con el fin de mejorar la resiliencia.

26.4.7. Marco de Resiliencia de la Ciudad de la Fundación Rockefeller

El Marco de Resiliencia de la Ciudad (CRF) es un marco “para articular la resiliencia de la ciudad” desarrollado por Arup [2014] con el apoyo de la iniciativa 100 Ciudades Resilientes de la Fundación Rockefeller. Este marco se basa en una revisión bibliográfica extensa que incluye ciudades con distintas características y una cantidad grande de trabajo de campo para recopilar datos y desarrollar estudios de caso. El marco organiza 12 indicadores en las siguientes 4 categorías:

- Liderazgo y estrategia
- Salud y bienestar
- Infraestructura y entorno
- Economía y sociedad

Esta organización integra los aspectos sociales y físicos y considera los procesos impulsados por el hombre como componentes de la comunidad. Las limitaciones económicas también se consideran de manera integral a efectos de la planificación. Los 12 indicadores abarcan siete cualidades identificadas como características de una ciudad resiliente: ser reflexiva, con inventiva, sólida, inclusiva, redundante, integrada y flexible.

El CRF funciona como base para el Índice de Resiliencia de una Ciudad (CRI, por sus siglas en inglés) que se desarrollará en 2015. El CRI mejorará aún más las 4 categorías y los 12 indicadores del marco en 48 a 54 subindicadores y 130 a 150 variables o métricas.

26.4.8. Índice de Resiliencia de una Comunidad Costera de NOAA

Se desarrolló el Índice de Resiliencia de una Comunidad Costera de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica [Sempier et al. 2010] para proporcionar una herramienta simple y económica de autoevaluación para brindarles a los líderes comunitarios un método para predecir si la comunidad logrará y mantendrá un nivel aceptable de funcionamiento luego de un evento peligroso. Los planificadores, ingenieros, gestores de llanuras aluviales y administradores locales experimentados completarán la herramienta en menos de tres horas con fuentes de información de fácil acceso y existentes, en un formato de preguntas de sí/no.

El Índice de Resiliencia de una Comunidad Costera (CCRI, por sus siglas en inglés) aborda principalmente las tormentas costeras, en particular los huracanes y las marejadas o las inundaciones inducidas por la lluvia. Se enfoca, más concretamente, en la restauración inmediata y a corto plazo de los servicios básicos y el tiempo que le tomará a una comunidad recuperarse luego de un evento peligroso. El formulario de evaluación de ocho páginas aborda las siguientes seis áreas generales:

1. Instalaciones e infraestructuras críticas
2. Problemas del transporte
3. Planes y acuerdos comunitarios
4. Medidas de mitigación
5. Planes de negocios
6. Sistemas sociales

La evaluación subsiguiente tiene la intención de identificar las vulnerabilidades que se deben abordar antes del próximo evento peligroso, incluidas las zonas en las que una comunidad debe adquirir mayor resiliencia y en las que deben asignarse recursos. También estima la adaptabilidad de una comunidad al peligro, pero no pretende reemplazar un estudio detallado. Los autores mencionan, “el Índice de Resiliencia y la metodología no reemplazan un estudio detallado... Sin embargo, el Índice de Resiliencia que resulta de esta autoevaluación comunitaria puede incentivar a su comunidad a buscar más consultas”.

Los autores también señalan que no se debe utilizar la herramienta para comparar una comunidad con otra. Más bien, recomiendan utilizarla como un enfoque de evaluación interna para identificar zonas en las que una determinada comunidad podría aumentar su resiliencia. Como parte de este proceso de desarrollo, el CRI de NOAA se puso a prueba en 17 comunidades en cinco estados (Alabama, Florida, Luisiana, Misipí y Texas). Además de desarrollar sus índices comunitarios, también se utilizaron estas pruebas piloto para perfeccionar y mejorar aún más la metodología de evaluación.

26.4.9. Metodología Hazus de FEMA

La herramienta Hazus de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias [FEMA 2015] “es una metodología estandarizada de aplicación nacional que contiene modelos para estimar las posibles pérdidas debidas a los terremotos, las inundaciones y los huracanes. Hazus utiliza la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar los impactos físicos, económicos y sociales de los peligros. Muestra mediante gráficos los límites de los lugares de alto riesgo debido a terremotos, huracanes e inundaciones. Los usuarios pueden visualizar las relaciones espaciales entre las poblaciones y otros activos o recursos geográficos fijos para el peligro específico que se está modelando, una función importante en el proceso de planificación previa al desastre”.

La metodología Hazus y los conjuntos de datos asociados cubren la totalidad de los EE. UU. Se puede definir a la región del estudio como toda combinación de las secciones del Censo de los Estados Unidos.

Los modelos específicos de peligros que se incluyen son terremotos (incluido el seguimiento de incendios), inundaciones (fluviales o costeras) y huracanes (vientos y marejadas). El modelo se enfoca en los impactos físicos y económicos inmediatos y, en menor medida, en los impactos sociales. El modelo produce resultados sobre la pérdida prevista de uso de edificios y sistemas de infraestructura (solo terremotos e inundaciones), las necesidades de vivienda, víctimas (solo terremotos), el contenido de los edificios y las pérdidas de inventario, los salarios y los ingresos perdidos y las pérdidas económicas indirectas (solo terremotos e inundaciones). Los tiempos de reparación estimados se consideran explícitamente en las estimaciones de las pérdidas económicas producidas por el modelo, pero los resultados económicos no se tabulan ni se pueden ver en función del tiempo. Si bien puede utilizarse Hazus para evaluar las pérdidas evitadas a través de algunas medidas de mitigación, esta herramienta no estima los costos de mitigación y, por lo tanto, no produce estimaciones del rendimiento de la inversión.

No se aborda cierta información necesaria para una evaluación de resiliencia a nivel comunitario, como las dependencias del sistema, los impactos sociales y la recuperación de las funciones comunitarias. Sin embargo, la metodología Hazus y los tipos de resultados producidos podrían dar soporte a metodologías más integrales.

26.4.10. Matriz de comparación

La Figura 17-1 proporciona una comparación resumida de los nueve ejemplos de metodologías analizadas en las secciones anteriores. Como ya se ha señalado, no todas estas metodologías fueron desarrolladas originalmente con el propósito específico de evaluar la resiliencia comunitaria, pero se cree que cada una ofrece métodos, métricas o procesos importantes y posiblemente aplicables.

Se evaluó cada metodología en tres amplias dimensiones: (1) alcance, (2) servicios públicos y (3) impactos evaluados. El *alcance* incluye la amplitud del tamaño de las comunidades, los tipos y las intensidades de los peligros, las escalas de tiempos de recuperación (p. ej., a corto, medio y largo plazo), los sistemas (es decir, los diferentes componentes del entorno construido) y las dependencias de los sistemas que cubre la metodología. Los *servicios públicos* abordan la claridad y la facilidad de uso de la metodología, la magnitud del apoyo de los expertos en la materia (SME) necesario para aplicar la metodología, el valor de los resultados de la metodología para la planificación y la medida en que la metodología y sus resultados se ajustan a la definición de resiliencia que figura en el PPD-21. Los *impactos evaluados* abarcan la magnitud en que la metodología aborda cada uno de los tres primeros tipos de métricas analizadas en este capítulo (es decir, tiempos de recuperación, vitalidad económica y bienestar social). En la Figura 17-1 se incluye una cuarta dimensión para resumir la recopilación de datos y las técnicas de análisis que son un elemento central u opcional de la metodología. Se realizaron evaluaciones en el contexto de la resiliencia comunitaria, específicamente en lo que respecta al entorno construido.

			Existing Assessment Methodologies								
Group	Category	Sub-Category	SPUR	Oregon	Scorecard	CARRI CRS	CART	BRIC	CRF	CRI	Hazus
1	Scope	Community size	●	●	+	+	+	+	+	●	+
		Hazards	●	●	+	+	+	+	+	-	-
		Recovery time scales	+	+	?	?	?	?	+	●	-
		Systems	+	+	?	+	-	-	+	●	●
		Interdependencies	●	●	?	+?	-	-	+?	-	-
2	Utility	User friendliness	●	●	+	+	+	+	●	+	●
		Utility without SMEs available	-	-	+	●?	●?	●?	●	●?	●?
		Value of outputs for planning	+	+	●	?	?	?	+?	●	●?
		Consistency with PPD-21	+	+	●	+	+	●	●	●	-
3	Impacts Assessed	Recovery times	+	+	●	●	●	●	●	●	●
		Economic impacts	●	+?	●	●	●	●	+?	-	●
		Social impacts	●	●	●	●	●	●	+?	●	●
4	Techniques Used	Checklists	-	-	Y	Y	Y	-	Y	Y	O
		Interviews, Surveys	-	-	-	O	Y	-	Y	O	O
		Ratings	Y	Y	Y	O	Y	-	Y	O	Y
		Existing national data sets	-	-	-	-	-	Y	-	-	Y
		Physical inspections	O	O	O	O	-	-	-	O	O
		Engrg. analysis or expert opinion	Y	Y	O	O	-	-	-	O	Y
		Statistical inference	O	O	-	O	-	-	-	-	Y
		Simulations	O	O	-	O	-	-	-	-	Y

Symbol	Description	Symbol	Description	Symbol	Description
+	Addresses a broad range	+	High	+	Explicitly assessed
●	Not inherently limited	●	Moderate	●	Partially/indirectly assessed
-	Limitation	-	Low	-	Not assessed
?	Additional info. required	?	Additional info. required	?	Additional info. required

Y	Yes
O	Optional

Figura 17-1: Evaluación preliminar resumida de las nueve metodologías de resiliencia comunitaria existentes

De acuerdo con los resultados de evaluaciones publicadas anteriormente, ninguno de los nueve métodos revisados es uniformemente fuerte en cada una de estas tres dimensiones. Sin embargo, puede ser posible combinar las mejores características de varias metodologías existentes y emergentes para producir una nueva metodología de evaluación de la resiliencia comunitaria que aborde las necesidades de medición de una comunidad.

26.5. Evaluación económica de la cartera de inversión de la resiliencia comunitaria

Si bien la vitalidad económica es solo una de las tres dimensiones a nivel comunitario que deben evaluarse (junto con las dimensiones social y ambiental), es quizás la más conveniente y bien desarrollada de las tres. Esta sección presenta un breve resumen de los conceptos económicos existentes relacionados con la evaluación de las inversiones para mejorar la resiliencia comunitaria. Se centra en el desarrollo de una cartera de inversiones que maximicen los beneficios sociales netos para la comunidad al reconocer las limitaciones, la incertidumbre y las dependencias que pueden afectar la combinación de inversiones.

26.5.1. Consideraciones de la cartera

Eficacia económica. La eficacia económica hace referencia a obtener el máximo beneficio de los recursos disponibles, o más sencillo, significa no desperdiciar recursos.

Maximización de los beneficios netos. La mejora de la resiliencia comunitaria puede aumentar los beneficios netos asociados con el nivel de servicio. Los beneficios netos son el aumento del valor del nivel de servicio mejorado menos el costo de obtener ese nivel de servicio. Por ejemplo, una de las varias alternativas puede maximizar los beneficios netos para la comunidad. Si bien los niveles de servicio mejorados suelen ser más costosos, este tipo de análisis puede ayudar a identificar un nivel de servicio en el que se maximicen los beneficios netos.

Minimización de costos y pérdidas. Desde una perspectiva económica, esta es una formulación equivalente a la de maximizar los beneficios netos. Dado que el nivel de servicio se define en términos de minimizar los costos y las pérdidas, puede ser un formato más conveniente para el análisis. Expresar los resultados de este análisis en términos de beneficios netos es sencillo.

Costo de adquisición frente a costo de operación y mantenimiento. El esfuerzo para identificar las alternativas que maximizan los beneficios netos depende de una estimación precisa de los beneficios y los costos. Al estimar los costos de alcanzar un nivel deseado de servicio, es necesario tener en cuenta todos los costos de operación y mantenimiento. No es suficiente incluir solo costos de adquisición o de construcción. Se necesitan incluir costos de operación, mantenimiento, reemplazo, de fin de vida, entre otros.

Objetivos múltiples. Cuando existen varios objetivos complementarios y superpuestos, el análisis debe tener en cuenta el tipo de pérdidas que una comunidad desea evitar. En cualquier análisis de las pérdidas evitadas, se debe tener cuidado de no duplicar el ahorro.

Minimizar las pérdidas económicas. La evaluación más simple puede ser la de minimizar las pérdidas económicas. Este enfoque examina la diferencia entre la ganancia económica (en términos de las pérdidas evitadas) y los costos del nivel deseado del servicio.

Minimizar la pérdida de vidas. Todos los objetivos se relacionan con las pérdidas económicas, pero la consideración más importante es evitar la pérdida de vidas y otras víctimas. Si se incluye la pérdida de vidas en la optimización, se miden los beneficios en términos de las vidas que se salvaron (o las muertes que se evitaron), mientras que los costos normalmente se miden en dólares al asignar un valor a los beneficios. En el caso de las vidas que se salvaron, el valor estadístico de la vida es un enfoque normativo.

Sin embargo, se podría utilizar alguna forma de Preferencia lexicográfica como una alternativa para valorar directamente la vida estadística u otros servicios no económicos. Aquí cada objetivo se clasifica estrictamente y luego se optimiza en orden. Por ejemplo, una evaluación podría optimizar la pérdida de vidas y luego las pérdidas económicas. Este enfoque de clasificación aseguraría la selección de una alternativa que minimiza la pérdida de vidas (independientemente de los costos). Luego, se encontraría la alternativa de costos mínimos que mantuviera la pérdida mínima de vidas.

Minimizar otras pérdidas. Otras pérdidas que una jurisdicción podría desear evitar incluyen la perturbación de los servicios gubernamentales clave, la alteración de las redes sociales y los daños en el entorno. Es difícil incluir factores no económicos como estos en la optimización, ya que se miden los beneficios y los costos en términos diferentes. Para otros beneficios, se encuentran disponibles una cantidad de técnicas para determinar el valor que una comunidad otorga a esos beneficios.

Dependencias económicas. La resiliencia del entorno construido afecta la economía en general. Lo contrario también es cierto: la resiliencia comunitaria depende de la salud y la resiliencia económica.

26.5.2. Toma de decisiones económicas que implican riesgo e incertidumbre

Teoría de los servicios públicos esperados. Los economistas a menudo abordan la toma de decisiones con la teoría de los servicios públicos esperados. La idea básica es que las personas elegirán la alternativa que tiene el mejor ‘servicio público’ o valor para ellos. El valor se ajusta para tener en cuenta tanto la preferencia temporal como la preferencia de riesgo.

Preferencia temporal. El valor del consumo depende de cuándo sucede. Normalmente, se descuenta el consumo futuro [Mankiw 2011].

Preferencias de riesgo. Las personas con aversión al riesgo prefieren evitarlo. Para las personas con aversión al riesgo, una gran pérdida posible tiene más riesgo percibido que una cantidad de pequeñas pérdidas, aunque sumen el mismo valor de riesgo que la única gran pérdida. Una persona que sea neutral en cuanto al riesgo las ponderaría por igual.

La aversión al riesgo se maneja en la teoría económica al ponderar las grandes pérdidas en gran medida o, equivalentemente, al ponderar las grandes ganancias en menos medida. El enfoque más simple, que se utiliza a menudo en los análisis de los beneficios netos, es asumir que la comunidad es neutral en cuanto al riesgo y se calcula el valor actual esperado. Sin embargo, cuando se trata de las consecuencias de eventos peligrosos perturbadores, parece poco probable que las comunidades sean neutrales en cuanto al riesgo.

Para justificar las preferencias de riesgo, es necesario medir esas preferencias de riesgo. Existen distintos métodos aceptados a nivel general para medir las preferencias de riesgo [Mankiw 2011].

Economía del comportamiento y sesgo cognitivo. La maximización esperada de los servicios públicos [Savage 1972] es un problema difícil y, normalmente, no se dispone de suficientes recursos para utilizar este enfoque. De los varios enfoques disponibles, el más aceptado es el método de Heurística y Sesgo. Se basa en la idea que las personas utilizan atajos normativos (heurística) que funcionan bien. Sin embargo, en los casos en los que no funcionan bien, serán sesgados. Los sesgos se utilizan generalmente para tratar e identificar la heurística.

Existe una cantidad de sesgos identificados, algunos de los cuales son relevantes aquí. Estos incluyen incertidumbre, riesgo, exceso de confianza y pequeños eventos de probabilidad [Mankiw 2011].

Incertidumbres. Las incertidumbres con respecto a las estimaciones de los daños esperados y los tiempos de recuperación de los eventos peligrosos se dividen en dos categorías. Primero, existen factores que no se pueden conocer con certeza de antemano, como la sincronización y la magnitud de los eventos peligrosos futuros. Segundo, existen parámetros, como los costos, que se conocen en principio, pero que actualmente no se conocen con certeza. Por ejemplo, si bien se puede estimar el costo de un proyecto en particular, puede variar el nivel de incertidumbre asociado con la estimación y probablemente aumentará con el alcance del proyecto.

Las estimaciones de los costos de mitigación, los costos de recuperación y las pérdidas tienen incertidumbre. A medida que se desarrollan y perfeccionan los planes de resiliencia comunitaria, se puede reducir el nivel de incertidumbre.

La incertidumbre en cuanto a los costos indirectos, como las pérdidas por interrupción del negocio, puede ser muy importante. En los casos en que se han hecho estimaciones, esas pérdidas suelen ser tan grandes o mayores que las pérdidas económicas directas. Sin embargo, se torna muy difícil estimarlas, debido a la falta de datos de eventos pasados que apoyen las estimaciones.

26.6. Referencias

- Arup (2014) *City Resilience Framework*, Abril, La Fundación Rockefeller y Ove Arup & Partners International Limited, Abril,
http://www.arup.com/~media/Publications/Files/Publications/C/City_Resilience_Framework_pdf.ashx.
- Autoridad de Recuperación del Terremoto de Canterbury (CERA 2014) *Canterbury Wellbeing Index*, Junio 2014, Autoridad de Recuperación del Terremoto de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda,
<http://cera.govt.nz/recovery-strategy/social/canterbury-wellbeing-index>.
- Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional, Equipo de Resiliencia Comunitaria (CARRI 2013) *Building Resilience in America's Communities: Observations and Implications of the CRS Pilots*, Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional (CARRI), Washington, DC,
<http://www.resilientus.org/wp-content/uploads/2013/05/CRS-Final-Report.pdf>.
- Cutter, S.L. (2014) "The Landscape of Resilience Measures," *Presentation at the Resilient America Roundtable Workshop on Measures of Community Resilience*,
http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/pgasite/documents/webpage/pga_152239.pdf. Visitado el 25 de enero de 2015.
- Cutter, S.L.; B.J. Boruff; y W.L. Shirley (2003) "Social vulnerability to environmental hazards," *Social Science Quarterly*, 84 (1):242-261.
- Cutter, S.L.; C.G. Burton; C.T. Emrich (2010) "Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions," *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7, Artículo 51, pp. 1–22.
- Cutter, S.L.; K.D. Ash; y C.T. Emrich (2014) "The geographies of community disaster resilience," *Global Environmental Change*, 29:65-77.
- Agencia de Protección Ambiental (EPA 2014) *EPA Explores Interest in Developing Community Environmental Resilience Indicators and Indices*, Resumen Técnico de EPA, Índice de Resiliencia del Medioambiente de una Comunidad (CERI) Taller I, 6-7 de mayo.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 2015) *Hazus: FEMA's Methodology for Estimating Potential Losses from Disasters*. <https://msc.fema.gov/portal/resources/hazus>. Visitado el 19 de abril de 2015. FEMA, Washington, DC.
- Foxton, F. y R. Jones (2011) *Social Capital Indicators Review*, Office for National Statistics
http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171766_233738.pdf. Visitado el 19 de abril de 2015.
- Oficina del Gobierno para la Ciencia (2012) *Reducing Risks of Future Disasters: Priorities for Decision Makers*, Informe de proyecto final: proyecto de previsión, Londres, Inglaterra.
- Mankiw, G. (2011) *Principles of Economics*, Sexta Edición, Cengage Learning.
- Academias Nacionales (2012a) *Disaster Resilience: A National Imperative, Committee on Increasing National Resilience to Hazards and Disasters and Committee on Science, Engineering, and Public Policy*. Visitado el 25 de enero de 2015.
- Academias Nacionales (2012b) *Disaster Resilience: A National Imperative, Committee on Increasing National Resilience to Hazards and Disasters and Committee on Science, Engineering, and Public Policy*. Visitado el 25 de enero de 2015.
- Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregón (OSSPAC 2013) *The Oregon Resilience Plan: Reducing Risk and Improving Recovery for the Next Cascadia Earthquake and Tsunami*, OSSPAC, Salem, OR.

PPD-21 (2013) Directiva presidencial de política/PPD-21, la Casa Blanca, 12 de febrero, 2013, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil>.

Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco, (SPUR 2009) *The Resilient City: What San Francisco Needs from its Seismic Mitigation Policies*, Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco (SPUR), San Francisco, CA.

Sempier, T.T., D.L. Swann, R. Emmer, S.H. Sempier y M. Schneider (2010) *Coastal Community Resilience Index: A Community Self-Assessment*, MAGSP-08-014, noviembre, http://www.gulfofmexicoalliance.org/projects/files/83Community_Resilience_Index.pdf.

Centro de terrorismo y desastres del Centro de ciencias de la salud de la Universidad de Oklahoma (TDC 2012) *Communities Advancing Resilience Toolkit (CART)*, Universidad de Oklahoma, Norman, OK.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR 2005) *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*, Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres, Kobe, Hyogo, Japón, http://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf.

El Banco Mundial (2015) *GINI index (World Bank estimate)*, El Grupo del Banco Mundial <http://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI>. Visitado el 15 de enero de 2015.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR 2012) *Making Cities Resilient Report 2012: My City is Getting Ready! A Global Snapshot of How Local Governments Reduce Disaster Risk*, Segunda Edición, Octubre, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR).

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR 2014) *Disaster Resilience Scorecard for Cities*, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), Ginebra, Suiza.

Consejo de Manejo de Emergencias del Comité de Seguridad Sísmica del Estado de Washington (2012) *Resilient Washington State: A Framework for Minimizing Loss and Improving Statewide Recovery after an Earthquake*, Consejo de Manejo de Emergencias del Comité de Seguridad Sísmica del Estado de Washington, Olympia, WA.

27. Glosario

28. Lista de términos

Término	Definición
Capital construido	Edificios y sistemas de infraestructura, que incluyen los sistemas de transporte, energía, agua, aguas residuales y comunicación e información.
Capital financiero	Ahorros financieros, ingresos, inversiones y crédito disponible.
Capital social	En el sentido general, el término hace referencia a “las redes sociales, las reciprocidades que derivan de ellas y el valor de estos para lograr objetivos mutuos” [Schuller, Baron y Field 2000].
Comunidad	<ul style="list-style-type: none"> En NPG, el término ‘comunidad’ hace referencia a los grupos con objetivos, valor o propósitos comunes (p. ej., negocios locales, grupos de vecindarios). En esta Guía, el término ‘comunidad’ hace referencia a lugares designados por límites geográficos que funcionan según la jurisdicción de la estructura gubernamental, como un pueblo, una ciudad o un condado. Las personas viven, trabajan, juegan y construyen su futuro en estos lugares.
Continuidad del negocio	<ul style="list-style-type: none"> La capacidad de una organización o negocio para continuar entregando productos o servicios a niveles predefinidos aceptables luego de un incidente perturbador. [ISO 22301, 2012]. Un proceso continuo que asegura que se tomen los pasos necesarios para identificar los impactos de las posibles pérdidas y mantener las estrategias de recuperación viables, los planes de recuperación y la continuidad de los servicios [NFPA 1600, 2013].
Dependencia	Dependencia de los sistemas físicos o sociales de otros sistemas físicos o sociales para funcionar o prestar servicios.
Desastre	Perturbación grave de la funcionalidad de una comunidad o una sociedad que ocasiona pérdidas humanas, materiales, económicas o medioambientales que exceden la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para sobrellevarlo con sus propios recursos [Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2005].
Desastre provocado por el hombre	Evento peligroso provocado por un error humano o una acción deliberada que incluye una actividad terrorista.
Edificios	Estructuras individuales, incluidos sus equipos y contenidos, que albergan personas y apoyan instituciones sociales.
Entorno construido	Todos los edificios y sistemas de infraestructura. También conocido como capital construido.

Lista de tablas

Término	Definición
Estrategias de implementación	Un grupo de acciones planificadas que en conjunto contribuirán a cumplir con un objetivo. Para lograr la resiliencia comunitaria, un conjunto de soluciones puede incluir la planificación del uso de la tierra, los códigos y las normas para las nuevas construcciones y los requisitos específicos de reacondicionamiento.
Estructuras de gobernanza	Organismo que gobierna una comunidad.
Evento peligroso	Acontecimiento de un peligro.
Fuerza laboral	Personas que proporcionan mano de obra a una o más de las instituciones sociales, de negocios, industriales y económicas de la comunidad.
Función	Papel o propósito de una institución en particular (p. ej., educativa, financiera, de salud) dentro de una comunidad.
Funcionalidad	Capacidad de servir a la función prevista, donde el entorno construido proporciona un nivel operativo que permite a una institución social prestar servicios.
Grupos	Un conjunto de edificios y sistemas de infraestructura de apoyo, que no siempre comparten una ubicación, que tienen una función en común, como viviendas, cuidado de la salud, venta al por menor, etc.
Grupos de respuesta ante emergencias	Trabajadores oficiales y voluntarios durante la etapa de recuperación a corto plazo, también conocida como la etapa de respuesta.
Impacto peligroso	Cuantificación de las consecuencias comunitarias de un peligro a través de la zona afectada y el nivel de medidas perturbadoras.
Infraestructura crítica	“Sistemas y activos, ya sean físicos o virtuales, tan vitales para los Estados Unidos que la incapacidad o la destrucción de dichos sistemas o activos tendría un impacto debilitador en la seguridad, la seguridad económica nacional, la salud o seguridad pública nacional o cualquier combinación de estos asuntos” [PPD-21, 2013].
Instalaciones críticas	Edificios que están destinados a permanecer en funcionamiento durante eventos peligrosos y apoyan funciones y servicios necesarios durante la etapa de recuperación a corto plazo. Estas instalaciones a menudo hacen referencia a los edificios esenciales.
Instituciones sociales comunitarias	Patrón complejo y organizado de creencias y comportamientos que satisface las necesidades básicas de la persona, el hogar y la comunidad e incluye la institución familiar o de parentesco, el gobierno, la economía, la salud, la educación, las organizaciones de servicio comunitarios, los grupos religiosos y culturales (y otros sistemas de creencias) y los medios.
Mitigación	Actividades y acciones adoptadas para reducir la pérdida de vida y propiedad al disminuir el impacto de los eventos peligrosos.
Nivel de peligro	Cuantificación de la dimensión, magnitud o intensidad de un peligro, como la velocidad del viento, aceleración sísmica del suelo, elevación de inundación, etc.

Lista de tablas

Término	Definición
Objetivos de desempeño	Métricas u objetivos específicos que definen el desempeño exitoso. En el caso del entorno construido, los objetivos de desempeño incluyen objetivos relacionados con características deseables, como la protección de ocupantes o los momentos de reparación y puesta en funcionamiento.
Partes interesadas	Todas las partes que tienen un interés o preocupación en una operación, empresa o iniciativa.
Peligro	Posible amenaza o incidente, natural o provocado por el hombre, que justifique la adopción de medidas para proteger la vida, la propiedad, el entorno y la salud y seguridad pública y reducir las perturbaciones de las actividades gubernamentales, sociales o económicas [PPD-21 2013].
Peligro tecnológico	Evento provocado por el hombre debido a un accidente o error humano.
Perturbación	Consecuencias de un evento peligroso que da como resultado la pérdida de los servicios o las funciones en una comunidad.
Plan general	Documento diseñado para guiar las acciones futuras de una comunidad, con metas y objetivos a largo plazo para el gobierno local, que incluye el desarrollo de la tierra, el gasto de fondos públicos, la política tributaria (incentivos fiscales), los esfuerzos cooperativos y otros temas de interés (como la preservación de las tierras de cultivo o la rehabilitación de zonas de vecindarios antiguos). También conocido como plan integral, plan maestro o plan de uso de la tierra [Extension, 2015].
Poblaciones vulnerables	Grupos de personas en una comunidad cuyas necesidades pueden quedar insatisfechas antes o después de un desastre, entre los que se incluyen a los ancianos, las personas que viven en la pobreza, los grupos minoritarios raciales y étnicos, las personas con discapacidades y aquellas que sufren de alguna enfermedad crónica. Otras vulnerabilidades sociales pueden incluir a los inquilinos, los estudiantes, las familias monoparentales, los propietarios de pequeños negocios, los grupos culturalmente diversos y los residentes de vecindarios históricos.
Reacondicionamiento	Mejorar el desempeño esperado de los edificios y sistemas de infraestructura existentes a través de reparaciones y medidas correctivas que a menudo mejoran la resistencia o fortaleza del sistema.
Redundancia	Uso de muchos componentes críticos en un sistema para aumentar la confiabilidad del desempeño y la función del sistema, en particular cuando se daña uno de estos componentes.
Refugios en el lugar	Permanecer de forma segura en un edificio, por ejemplo, una residencia, durante o después de un evento peligroso.
Resiliencia comunitaria	<ul style="list-style-type: none"> ● “Capacidad de adaptarse a las condiciones variables y de soportar y recuperarse rápidamente de una perturbación ante emergencias” [PPD-8, 2011]. ● “La capacidad de prepararse para las condiciones cambiantes y adaptarse a estas, y de resistir y recuperarse de las perturbaciones rápidamente. La resiliencia incluye la capacidad de resistir y recuperarse de ataques premeditados, accidentes o amenazas o incidentes naturales” [PPD-21, 2013].

Lista de tablas

Término	Definición
Robustez	Capacidad de una estructura o un sistema para seguir operando o funcionando tras una variedad de demandas y condiciones.
Seguridad vital	Seguridad vital en el entorno construido hace referencia a los edificios y otras estructuras diseñadas para proteger y evacuar las poblaciones en situaciones de emergencia y durante eventos peligrosos.
Sistema de infraestructura	Redes, sistemas y estructuras físicas que conforman el transporte, la energía, las comunicaciones, el agua y las aguas residuales y otros sistemas que apoyan la funcionalidad de las instituciones sociales comunitarias.
Sistemas de agua	Sistemas que son suministrados por agua superficial o subterránea, tratan y almacenan agua y la trasladan al usuario final a través de un sistema de tuberías.
Sistemas de aguas residuales	Sistemas que recolectan aguas residuales, las trasladan a través de un sistema de tuberías y estaciones de bombeo a las plantas de tratamiento y las descargan en un agua receptora.
Sistemas de comunicación e información	Equipos y sistemas que facilitan los servicios de comunicación, como servicios de Internet, celulares y telefónicos.
Sistemas de energía	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, combustible líquido y gas natural.
Sistemas de transporte	Edificios, estructuras y redes que transportan personas y bienes, que incluyen carreteras, puentes, sistemas ferroviarios, aeropuertos, puertos costeros y fluviales y centros de camiones.
Toda la comunidad	El Objetivo nacional de preparación define a ‘toda la comunidad’ para los esfuerzos de preparación para fortalecer la seguridad y la resiliencia de los Estados Unidos e incluye a las personas, las comunidades, los sectores privados y sin fines de lucro, las organizaciones religiosas y los gobiernos federales, estatales y locales.

29. Lista de acrónimos

Acrónimo	Definición
100RC	100 Ciudades Resilientes
AAR	Informe después de la acción
AASHTO	Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales
AC	Circular de aviso
ACI	Instituto Americano del Concreto
AEP	Plan de Emergencia Aeroportuaria
AES	Sistemas de Extinción Automática
AIA	Instituto Americano de Arquitectos
AISC	Instituto Americano de la Construcción en Acero
ALA	Asociación Estadounidense de Líneas Vitales
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
APA	Asociación Americana de Planificación
APPA	Asociación Americana de Energía Pública
AREMA	Asociación Estadounidense de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vías
ASCE	Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
ATC	Consejo de Tecnología Aplicada
AWWA	Asociación Americana de Obras Hidráulicas
BART	Transporte Rápido del Área de la Bahía
BPS	Sistema de Energía en Masa
BRIC	Indicadores de resiliencia base para las comunidades
BSI	Institución de Normas Británicas
CAIDI	Índice de Duración de Interrupciones Promedio del Cliente

Acrónimo	Definición
CAIFI	Índice de Frecuencia de Interrupciones Promedio del Cliente
CaLEAP	Planificación de la Seguridad Energética de California
CAMV	Sistemas de voltaje medio aéreo cubierto
CARRI	Instituto de Resiliencia Comunitaria y Regional
CART	Conjunto de herramientas de impulso de la resiliencia comunitaria
CATV	Televisión por cable
CCSF	Ciudad y condado de San Francisco
CEI	Infraestructura de energía crítica
CIP	Plan de Mejora de Capital
CHP	Combinación de calor y energía
CSA	Área de Servicio Comunitario
COLTs	Red celular sobre un camión ligero
CPG	Guía de Preparación Exhaustiva
CRF	Marco de resiliencia comunitaria
CRI	Índice de Resiliencia de una Comunidad Costera
CRS	Sistema de Calificación Comunitaria
CSO	Organización de servicio a la comunidad
CSRIC	Consejo de Seguridad en Comunicaciones, Fiabilidad e Interoperabilidad de la Comisión
DLC RT	Terminales remotas de portador de circuito digital
DLR	Capacidad dinámica de línea
DOB	Departamento de Edificios
DOC	Departamento de Comercio
DoD	Departamento de Defensa
DOE	Departamento de Energía
DOGAMI	Departamento de Geología e Industrias Minerales de Oregón

Acrónimo	Definición
DOT	Departamento de Transporte
DR	Respuesta a la demanda
DSM	Gestión orientada hacia la demanda
EA	Evaluación ambiental
EAS	Sistema de alerta de emergencia
EBMUD	Distrito de Servicios Públicos Municipales del Este de la Bahía
EE	Eficiencia energética
EF	(Escala) Fujita mejorada
EIA	Administración de Información Energética
EIM	Mercados de desequilibrio energético
EIS	Declaración de impacto ambiental
EMS	Servicios de emergencias médicas
EOC	Centro de operaciones de emergencia
EOP	Oficina Ejecutiva del Presidente
EPCRA	Ley de Planificación de Emergencias y del Derecho a Saber de la Comunidad
EPA	Agencias de Protección Ambiental
EPFAT	Herramienta de evaluación de instalaciones de energía de emergencia
EPRI	Instituto de Investigación de Energía Eléctrica
ERO	Organización Nacional de Confiabilidad Eléctrica
FAA	Administración Federal de Aviación
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FEMA	Agencia Federal para el Manejo de Emergencias
FERC	Comisión Federal Reguladora de Energía
FHWA	Administración Federal de Carreteras
FRA	Administración Federal de Ferrocarriles

Acrónimo	Definición
FTA	Administración Federal de Tránsito
PIB	Producto Interno Bruto
GETS	Servicio Gubernamental de Telecomunicaciones de Emergencia
SIG	Sistema de información geográfica
GTAA	Gran Autoridad Aeroportuaria de Toronto
HAZMAT	Materiales peligrosos
HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
IA	Iowa
IBC	Código de Edificación Internacional
IBHS	Instituto de Seguros para la Seguridad de Empresas y Hogares
ICC	Consejo Internacional de Códigos
ICLEI	Gobiernos locales para la sostenibilidad
IEBC	Código de Edificación Existente Internacional
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
IOU	Empresas de Servicios Públicos de Propiedad de Inversores
IPAWS	Sistema Integrado de Alerta y Advertencias Públicas
IPP	Productor independiente de energía
IRC	Código Internacional Residencial
ISO	Organización Internacional de Normalización
ISP	Proveedor de servicios de Internet
ITS	Sistemas Inteligentes de Transporte
IWUIC	Código Internacional de Interfaz Urbano-Rural
IXP	Puntos de Intercambio de Internet
LADWP	Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles
LAWA	Aeropuerto Internacional de Los Ángeles

Acrónimo	Definición
LRFD	Diseño del Factor de Carga y Resistencia
MAP-21	Ley "Moving Ahead for Progress in the 21 Century" [Avanzando hacia el progreso en el siglo XXI]
MARAD	Administración Marítima de los Estados Unidos
MCEER	Centro Multidisciplinario para la Investigación en Ingeniería Sísmica
MSC	Centros de conmutación de servicios móviles
MPO	Organización de Planeamiento Metropolitana
MRE	Manual de Ingeniería Ferroviaria
NAPSR	Asociación Nacional de Representantes de Seguridad de Tuberías
NARUC	Asociación Nacional de Comisionados de Servicios Públicos
NASEO	Asociación Nacional de Funcionarios Estatales de Energía
NCHRP	Programa Nacional de Investigación Cooperativa Vial
NDRF	Marco Nacional de Recuperación por Desastres
NEBS	Estándares de Construcción de Equipos de Redes
NEC	Código Eléctrico Nacional
NEPA	Ley Nacional de Protección Ambiental
NERC	North American Electric Reliability Corporation
NESC	Código Nacional de Seguridad Eléctrica
NFIP	Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra Incendios
ONG	Organizaciones no gubernamentales
NHSRC	Centro de Investigación y Seguridad Nacional
NIBS	Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción
NIPP	Plan nacional de protección de la infraestructura
NIST	Instituto Nacional de Normas y Tecnología
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

Acrónimo	Definición
NPG	Objetivo nacional de preparación
NRC	Comisión Reguladora Nuclear
NRECA	Asociación Nacional de Cooperativas Eléctricas Rurales
NWS	Servicio Meteorológico Nacional
NYCC	Panel de la Ciudad de Nueva York sobre el Cambio Climático
NYCDEP	Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York
NYSERDA	Autoridad de Investigación y Desarrollo de Energía del Estado de Nueva York
OCDI	Instituto de Desarrollo de las Zonas Costeras en Ultramar del Japón
OSSPAC	Comisión Asesora en Política de Seguridad ante Sismos de Oregón
PANYNJ	Autoridad del Puerto de Nueva York y Nueva Jersey
PARRE	Programa para la Evaluación del Riesgo y la Resiliencia
PDM	Mitigación previa a desastres
PEP	Punto de entrada privado
PHMSA	Administración de Seguridad de Tuberías y Materiales Peligrosos
PIANC	Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Marítimo
PIEVC	Comité de Ingeniería de Vulnerabilidad de la Infraestructura Pública
PMU	Unidad de medición fasorial
POTS	Servicio Telefónico Ordinario Antiguo
PPD-8	Directiva presidencial de política 8
PPD-21	Directiva presidencial de política 21
PSAP	Punto de acceso de seguridad pública
PSEG	Grupo de Empresas de Servicios Públicos
PV	Fotovoltaico
ROW	Derecho de paso
RPS	Estándares de Cartera Renovable

Acrónimo	Definición
RUS	Servicio de Empresas de Servicios Públicos Rurales
SAFETEA-LU	Ley de Equidad en el Transporte Seguro, Responsable, Flexible y Eficiente
SAIDI	Índice de Duración de Interrupciones Promedio del Sistema
SAIFI	Índice de Frecuencia de Interrupciones Promedio del Sistema
SCADA	Control de supervisión y adquisición de datos
SDWA	Ley de Agua Potable Segura
SEI	Instituto de Ingeniería Estructural
SFPUC	Comisión de servicios públicos de San Francisco
SGIP	Panel de Interoperabilidad de Redes Inteligentes
SLOSH	Marejadas en mares, lagos y tierra provocadas por huracanes
SLR	Aumento del nivel del mar
SPUR	Asociación de Planificación Urbana e Investigación Urbana de San Francisco
SSO	Organizaciones de Establecimiento de Normas
THIRA	Identificación de amenazas y peligros y evaluación de riesgos
TIA	Asociación de la Industria de Telecomunicaciones
TRB	Consejo de Investigación del Transporte
TSP	Prioridad de Servicio de Telecomunicaciones
TVA	Autoridad del Valle del Tennessee
UFC	Criterios de instalaciones unificadas
UN	Naciones Unidas
UNIDSR	Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas
SAI	Sistema de alimentación ininterrumpida
URI	Índice de Resiliencia de Empresas de Servicios Públicos
EE. UU.	Estados Unidos
EUA	Estados Unidos de América

Acrónimo	Definición
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos
USGC	Guardia Costera de Estados Unidos
VOAD	Organizaciones Voluntarias Nacionales Activas en Desastres
VSAT	Herramienta de autoevaluación de la vulnerabilidad
WARN	Red de Respuesta de la Agencia de Agua/Aguas Residuales
WEA	Alertas inalámbricas de emergencia
WHEAT	Herramienta de análisis económico y de salud del agua
WPS	Servicio inalámbrico prioritario
WWTP	Planta de tratamiento de aguas residuales

30. Referencias

eXtension (2015) *The Purpose of the Comprehensive Land Use Plan*, Fundación eXtension, Centreville, AL, <http://www.extension.org/pages/26677/the-purpose-of-the-comprehensive-land-use-plan#.VTAtaGXD9aQ>.

Organización Internacional de Normalización (ISO 2012) *Societal security - Business continuity management systems – Requirements*, ISO 22301:2012, Organización Internacional de Normalización, Ginebra, Suiza.

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA 2013) *NFPA 1600: Standard on Disaster/Emergency Management and Business Continuity Programs*, Edición 2013, Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), Quincy, MA.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2005) *Grand Challenges for Disaster Reduction – A Report of the Subcommittee on Disaster Reduction*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Oficina Ejecutiva del Presidente, Washington, DC.

PPD-21 (2013) Directiva presidencial de política/PPD-21, la Casa Blanca, 12 de febrero, 2013, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil>.

PPD-8 (2011) Directiva presidencial de política, PPD-8 – preparación nacional, la Casa Blanca, 30 de marzo, 2011, <http://www.dhs.gov/presidential-policy-directive-8-national-preparedness>.

Schuller, T.; S. Baron; y J. Field (2000) “Social Capital: A Review and Critique.” *Social Capital: Critical Perspectives*, editado por Stephen Baron, John Field, y Tom Schuller, Oxford: Oxford University Press, pp. 1-38.