Public Disclosure Authorized
Public Disclosure Authorized
Public Disclosure Authorized
Public Disclosure Authorized

SERIE DE INFRAESTRUCTURAS SOSTENIBLES

RESUMEN

LIFELINES

Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente

Stéphane Hallegatte
Jun Rentschler
Julie Rozenberg

GRUPO BANCO MUNDIAL

SERIE DE INFRAESTRUCTURAS SOSTENIBLES

Lifelines

Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente

RESUMEN

Stéphane Hallegatte
Jun Rentschler
Julie Rozenberg

GRUPO BANCO MUNDIAL

Este cuadernillo contiene tanto el "Panorama general" como la lista de contenidos del reporte *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*, doi: 10.1596/978-1-4648-1430-3. Una vez publicado el libro completo, se podrá consultar la versión en pdf en https://openknowledge.worldbank.org/, y se podrán solicitar copias impresas en http://Amazon.com. Sírvase utilizar la versión final para citar, reproducir o adaptar el contenido de esta obra.

© 2019 Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial
1818 H Street NW, Washington DC 20433
Teléfono: 202-473-1000; sitio web: www.bancomundial.org
Algunos derechos reservados

La presente obra fue publicada originalmente por el Banco Mundial en inglés en el 2019. En caso de discrepancias, prevalecerá el idioma original.

Esta obra ha sido realizada por el personal del Banco Mundial con contribuciones externas. Las opiniones, interpretaciones y conclusiones aquí expresadas no son necesariamente reflejo de la opinión del Banco Mundial, de su Directorio Ejecutivo, ni de los países representados por éste. El Banco Mundial no garantiza la veracidad de los datos que figuran en esta publicación. Las fronteras, los colores, las denominaciones y demás datos que aparecen en las mapas de este documento no implican juicio alguno, por parte del Banco Mundial, sobre la condición jurídica de ninguno de los territorios, ni la aprobación o aceptación de tales fronteras.

Nada de lo establecido en este documento constituirá o se considerará una limitación o renuncia a los privilegios e inmunidades del Banco Mundial, los cuales se reservan específicamente en su totalidad.

Derechos y autorizaciones

Esta publicación está disponible bajo la licencia Creative Commons de Reconocimiento 3.0 IGO (CC BY 3.0 IGO) http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo. Bajo la licencia Creative Commons de Reconocimiento, queda permitido copiar, distribuir, transmitir y adaptar esta obra, incluyendo para motivos comerciales, bajo las siguientes condiciones:

Cita de la fuente—La obra debe citarse de la siguiente manera: Hallegatte, Stéphane, Jun Rentschler, Julie Rozenberg. 2019. *Lifelines: Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente*. Cuadernillo del resumen, Banco Mundial, Washington, DC. doi:10.1596/978-1-4648-1430-3. Licencia: Creative Commons de Reconocimiento CC BY 3.0 IGO

Traducciones—En caso de traducirse la presente obra, la cita de la fuente deberá ir acompañada de la siguiente nota de exención de responsabilidad: *La presente traducción no es obra del Banco Mundial, y no deberá considerarse traducción oficial de dicho organismo. El Banco Mundial no responde por el contenido ni los errores de la traducción.*

Adaptaciones—En caso de adaptación de la presente obra, la cita de la fuente deberá ir acompañada de la siguiente nota de exención de responsabilidad: *Esta es una adaptación de un documento original del Banco Mundial. Las opiniones expresadas en esta adaptación son responsabilidad exclusiva del autor o autores y no son avaladas por el Banco Mundial.*

Contenido de propiedad de terceras personas—Téngase presente que el Banco Mundial no necesariamente es propietario de todos los componentes de esta obra, por lo que no garantiza que el uso de alguno de sus componentes o de partes pertenecientes a terceros no viole derechos de esos terceros. El riesgo de reclamación derivado de dicha violación correrá por exclusiva cuenta del usuario. Si se desea reutilizar algún componente de este documento, es responsabilidad del usuario determinar si debe solicitar autorización y obtener dicho permiso del propietario de los derechos de autor. Como ejemplos de componentes se pueden mencionar, entre otros, los cuadros, los gráficos y las imágenes, entre otros.

Toda consulta sobre derechos y licencias deberá enviarse a la siguiente dirección: World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; e-mail: pubrights@worldbank.org

Imagen de la cubierta: Brad Amburn Creative LLC

Índice

Reconocimientos v

Resumen 1

Introducción 1

Las interrupciones en los servicios de infraestructura son una carga para las personas y las economías. 3

Las interrupciones en los servicios de infraestructura cuestan a las empresas más de USD 300.000 millones al año 4

Los impactos directos de las interrupciones en la infraestructura en la población ascienden al menos a USD 90.000 millones al año 6

El riesgo de desastres por amenazas naturales es una de las principales causas de las disrupciones de infraestructura 7

Invertir en infraestructuras mas resilientes es rentable 12

La creación de activos de infraestructura más resilientes en zonas expuestas a eventos naturales adversos tiene beneficios superiores a sus costos 12

De activos de infraestructura resilientes a la provisión de servicios de infraestructura resilientes 14

De servicios de infraestructura resilientes a usuarios y economías resilientes 16

Para que la infraestructura sea más resiliente se precisa una estrategia coherente 17

Recomendación 1: Construir lo básico 17

Recomendación 2: Crear instituciones para promover la resiliencia 19

Recomendación 3: Crear regulaciones e incentivos para la resiliencia 20

Recomendación 4: Mejorar la toma de decisiones 22

Recomendación 5: Proporcionar financiamiento 23

Notes 25

Bibliografía 25

Gráficos

R.1 Los países más pobres son los más severamente afectados por servicios de infraestructura inadecuados 3
R.2 En Bangladesh, India y Pakistán, el acceso continuo a la electricidad tiene efectos positivos adicionales sobre los ingresos y los beneficios sociales que el acceso por sí solo 6
R.3 Los eventos naturales adversos son la causa de una fracción considerable de los cortes de energía en el mundo 8
R.4 La vulnerabilidad de la red eléctrica a los vientos es mucho mayor en Bangladesh que en Estados Unidos 9
R.5 Las inundaciones en Kampala (Uganda) limitan gravemente el acceso de las personas a los centros de salud 10
R.6 Las empresas de Tanzania registran grandes pérdidas debido a interrupciones en los servicios de infraestructura 11
R.7 La resiliencia de la infraestructura debe considerarse en varios niveles superpuestos y complementarios 12
R.8 El costo incremental de aumentar la resiliencia de inversiones futuras en infraestructura depende de los escenarios de gasto, pero sigue siendo limitado en todos los casos 13
R.9 Los sistemas de transporte de Bélgica y Marruecos pueden absorber disrupciones viales mucho mayores que los de Madagascar 14
R.10 Cuanto mayor es el gasto en el sistema de transporte mayor es su fiabilidad, pero solo si también mejora la gestión general 18
R.11 Una infraestructura de calidad requiere que se atiendan múltiples necesidades de financiamiento 19
R.12 La creación de incentivos adecuados para los prestadores de servicios de infraestructura requieren un conjunto coherente de reglamentos e incentivos financieros 21

Mapas

R.1 África y Asia meridional sufren las mayores pérdidas por la falta una infraestructura fiable 5
R.2 Las prioridades de inversión para la red de transporte en Tanzania dependerán de sus cadenas de suministro 17

Cuadros

R.1 La interrupción de los servicios de infraestructura tiene múltiples efectos en las empresas 4
R.2 La interrupción de los servicios de infraestructura tiene múltiples efectos en los hogares 7
R.3 Cinco recomendaciones para abordar los cinco obstáculos a la infraestructura resiliente 25

Reconocimientos

El informe *Lifelines* fue preparado por un equipo liderado por Stéphane Hallegatte, conjuntamente con Jun Rentschler y Julie Rozenberg. El informe ha recibido contribuciones de múltiples equipos en diferentes sectores y tópicos. El sector energía fue liderado por Claire Nicolas, con un equipo compuesto por Christopher Arderne, Diana Cubas, Mark Deinert, Eriko Ichikawa, Elco Koks, Ji Li, Samuel Oguah, Albertine Potter van Loon, y Amy Schweikert. El sector agua fue liderado por Zhimin Mao, conjuntamente con Laura Bonzanigo, Xi Hu, Elco Koks, Weeho Lim, Raghav Pant, Patrick Ray, Clementine Stip, Jacob Tracy, y Conrad Zorn. El sector transporte fue liderado por Julie Rozenberg, junto con Xavier Espinet Alegre, Charles Fox, Stuart Fraser, Jim Hall, Elco Koks, Mercedeh Tariverdi, Michalis Vousdoukas, y Conrad Zorn. El sector de telecomunicaciones fue liderado por Himmat Sandhu y Siddhartha Raja. El análisis de empresas y hogares fue liderado por Jun Rentschler, conjuntamente con Paolo Avner, Johannes Braese, Alvina Erman, Nick Jones, Martin Kornejew, Sadick Nassoro, Marguerite Obolensky, Samet Sahin, y Eugene Tan. Shinji Ayuha, Célian Colon, Etienne Raffi Kechichian, Maryia Markhvida, Nah Yoon Shin, Shoko Takemoto, y Brian Walsh contribuyeron con el análisis de industrias y cadenas de suministro. Sanae Sasamori y Naho Shibuya contribuyeron con el caso de las alianzas público-privadas. El equipo agradece a Miyamoto International por ofrecer sus perspectivas sobre la resiliencia en la definición de soluciones de ingeniería.

El informe fue revisado por un grupo de pares del Banco Mundial; Greg Browder, Marianne Fay, Vivien Foster, Hideaki Hamada, Helen Martin, Shomik Mehndiratta, Artessa Saldivar-Sali, Alanna Simpson, y Vladimir Stenek quienes ofrecieron valiosos comentarios y sugerencias. Un agradecimiento al grupo de asesores externos: Carter Brandon, Jim Hall, Guillaume Prudent-Richard, Adam Rose, y Yasuyuki Todo.

El equipo agradece las sugerencias, comentarios e información recibida de Anjali Acharya, Charles Baubion, Andrii Berdnyk, Moussa Blimpo, Marga Cantada, Debabrata Chattopadhyay, Ashraf Dewan, Mirtha Escobar, Charles Esser, Scott Ferguson, Matias Herrera Dappe, Martin Humphreys, Marie Hyland, Oscar Ishizawa, Asif Islam, Brenden Jongman, Denis Jordy, Balázs Józsa, Shefali Khanna, Brian Kinuthia, Shweta Kulkarni, Mathijs van Ledden, Jia Jun Lee, Richard MacGeorge, Justice Tei Mensah, Jared Mercadante, Brian Min, Alice Mortlock, Sumati Rajput, Steven Rubinyi, Jason Russ, Peter Sanfey, Guillermo Siercke, Ben Stewart, Shen Sun, Janna Tenzing, Joshua Wimpey, Davida Wood, y Fan Zhang.

Susan Graham de la unidad de publicaciones del Banco Mundial fue la editora de producción. Los servicios editoriales estuvieron a cargo de Sabra Ledent, Laura Wallace, Nick Paul, Devan Kreisberg, Elizabeth Forsyth, y Inge Pakulski. Brad Amburn diseño la caratula y los gráficos. El equipo agradece a Aziz Gokdemir y Jewel McFadden por su ayuda en la preparación y producción del informe. El lanzamiento y diseminación del informe fue posible estuvo con el apoyo de Ferzina Banaji, junto con Uwimana Basaninyenzi, Camila Perez, Mehreen Arshad Sheikh, Gerardo Spatuzzi, y Joana Lopes.

El equipo También agradece a Julie Dana, gerente del Fondo Global para la Reducción y Recuperación de Desastres (GFDRR), y Luis Tineo por su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, el equipo reconoce el generoso apoyo del Programa Japón-Banco Mundial del GFDRR, EL Grupo del Cambio Climático del Banco Mundial bajo el liderazgo de John Roome y Bernice Van Bronkhorst, y del Grupo de Desarrollo Sostenible del Banco Mundial liderado por Laura Tuck.

Resumen

INTRODUCCIÓN

Los servicios de infraestructura contribuyen a nuestro bienestar y desarrollo de muchas maneras: pueden satisfacer las necesidades más básicas o facilitar ambiciosos emprendimientos en áreas como el comercio o la tecnología. Servicios seguros y eficientes de agua, saneamiento, energía eléctrica, transporte y telecomunicaciones se consideran universalmente esenciales para mejorar la calidad de vida de las personas. El acceso a servicios básicos de infraestructura también es un factor central en la productividad de las empresas y, por lo tanto, de economías enteras, lo que lo convierte en un elemento clave para el desarrollo económico. Según estimados (Fay y otros, 2019), los Gobiernos de los países de ingreso bajo y medio de todo el mundo invierten cada año en infraestructura aproximadamente USD 1 billón, es decir, entre el 3,4 % y el 5 % de su producto interno bruto (PIB).[1]

Sin embargo, la calidad y la adecuación de los servicios de infraestructura varían mucho de un país a otro. Millones de personas, especialmente en las ciudades de rápido crecimiento de países de ingreso bajo y medio, sufren las consecuencias de una infraestructura precaria, a menudo a un costo considerable. El financiamiento insuficiente y el escaso mantenimiento son algunos de los factores clave que dan lugar a redes eléctricas poco fiables, sistemas de agua y saneamiento inadecuados, y redes de transporte sobrecargadas.

Las eventos naturales adversos magnifican los desafíos que enfrentan estos sistemas, que de por sí son frágiles y se encuentran bajo presión. Las inundaciones en zonas urbanas, por ejemplo, son una realidad para gente alrededor del mundo, desde Amman, Buenos Aires y Dar es Salam hasta Yakarta y Mumbai. Estas inundaciones, que a menudo se ven exacerbadas por sistemas de drenaje deficientes, causan repetidas interrupciones en las redes de transporte y energía, lo que a su vez afecta las telecomunicaciones y otros servicios esenciales. La falta de sistemas resilientes de saneamiento también contribuye a que a menudo las inundaciones propaguen peligrosas enfermedades causadas por el agua contaminada .

La interrupción de los servicios de infraestructura es especialmente grave cuando entran en juego eventos naturales extremos. Los terremotos, por ejemplo, pueden causar daños a infraestructuras portuarias y desacelerar la economía local, como fue el caso en Kobe (Japón) en 1995. Los huracanes pueden destruir sistemas de transmisión y distribución de electricidad, lo que podría implicar una interrupción del acceso de la población a la electricidad durante meses, como ocurrió en Puerto Rico en 2017. En estos ejemplos, aunque muchas personas no sufrieron daños directos causados por

el desastre, sí experimentaron impactos indirectos significativos debido a las interrupciones de servicios de infraestructura.

En este informe, *Lifelines: Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente*, se examina la resiliencia de cuatro sistemas de infraestructura esencial: energía eléctrica, agua y saneamiento, transporte y telecomunicaciones. Todos estos sistemas proporcionan servicios básicos para el bienestar de los hogares y la productividad de las empresas, pero son particularmente vulnerables a los eventos naturales adversos porque están organizados en redes complejas a través de las cuales, aun eventos relativamente locales se pueden propagar rápidamente. Es fundamental trabajar para que sean más resilientes —es decir, que tengan una mejor capacidad de prestar los servicios que los individuos y las empresas necesitan durante y después del evento natural adverso, lo que asegura la continuidad de los mismos—, no solo para evitar costosos daños, sino también para minimizar las consecuencias que pueden generar los desastres en los medios de subsistencia y el bienestar de las personas.

A partir de una amplia gama de estudios de casos, análisis empíricos a nivel global y ejercicios de modelización, este informe concluye con tres principales mensajes:

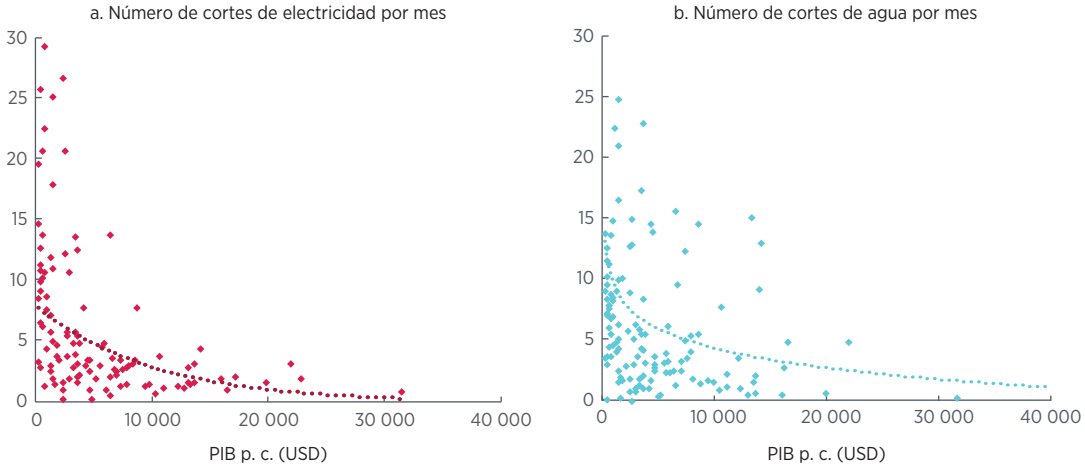
- *La falta de infraestructura resiliente perjudica tanto a los individuos como a las empresas.* Los desastres causan daños directos en la generación de energía y la infraestructura de transporte, con un costo anual de unos USD 18.000 millones en los países de ingreso bajo y medio. Estos daños afectan negativamente los presupuestos públicos y reducen el atractivo de los inversionistas privados en estos sectores. Pero los eventos naturales adversos no dañan únicamente las instalaciones e infraestructura, sino que también interrumpen los servicios, con importantes repercusiones para las empresas y las personas. En conjunto, las interrupciones en el funcionamiento de la infraestructura ocasionan costos de entre USD 391.000 millones y USD 647.000 millones anuales a hogares y empresas de países de ingreso bajo y medio. Las causas de estas interrupciones son muy variadas, incluyendo el mantenimiento deficiente, la mala gestión y la falta de fondos suficientes para la recuperación y reconstrucción. Sin embargo, estudios de caso indican que los desastres suelen ser los responsables de entre el 10 % y el 70 % de las interrupciones, dependiendo del sector y de la región.
- *La inversión en infraestructura más resiliente es una medida contundente, rentable y urgente.* En los países de ingreso bajo y medio, el diseño de activos más resilientes en los sectores de energía, agua y saneamiento, y transporte costaría entre USD 11.000 millones y USD 65.000 millones anuales hasta 2030, un costo incremental de alrededor del 3 % en comparación con las necesidades generales de inversión. Estos costos pueden reducirse si se consideran los *servicios*, no sólo los *activos*, y se logra que los *usuarios* de los servicios de infraestructura—hogares y cadenas de suministro—puedan manejar mejor las interrupciones. En este informe se concluye que cada dólar que se invierte en una infraestructura más resiliente genera beneficios en el 96 % de los miles de escenarios que analizan posibles futuras tendencias socioeconómicas y climáticas. En el escenario promedio, el beneficio neto de invertir en una infraestructura más resiliente en los países de ingreso bajo y medio es de USD 4,2 billones, es decir, USD 4 de beneficio por cada USD 1 invertido. El cambio climático hace que las intervenciones para aumentar la resiliencia sean aún más necesarias y atractivas: en promedio, los beneficios netos derivados de la resiliencia se duplican. Y puesto que en la actualidad se están realizando grandes inversiones en infraestructura en los países de ingreso bajo y medio, el costo medio de una década de inactividad asciende a USD 1 billón.

- *Una buena gestión de la infraestructura es la base necesaria para construir una infraestructura resiliente, pero también son necesarias medidas específicas.* Lamentablemente, ninguna intervención por sí sola logrará que los sistemas de infraestructura sean resilientes. Más bien, se deben llevar a cabo toda una variedad de acciones coordinadas. La primera medida que se puede recomendar es que los países comiencen por lo básico: una planificación, operación y mantenimiento adecuados de los activos y servicios, pueden contribuir a aumentar la resiliencia y ahorrar costos. Sin embargo, el buen diseño y la buena gestión no son suficientes por sí solos para que la infraestructura sea resiliente, sobre todo frente a riesgos poco comunes y de alta intensidad así como a las tendencias a largo plazo, como el cambio climático. Para abordar estos temas, en este informe se proponen cuatro recomendaciones adicionales: definir mandatos y estrategias institucionales para infraestructura resiliente; incluir consideraciones de resiliencia en las regulaciones y los sistemas de incentivos de los sectores de infraestructura, los usuarios y las cadenas de suministro; mejorar la toma de decisiones a través de datos, herramientas y capacidades, y proporcionar el financiamiento adecuado, especialmente para los planes maestros, el diseño de los activos y la preparación siempre teniendo en cuenta los riesgos naturales a los que están expuestos. Las medidas que se adopten para abordar estos puntos pueden ser muy eficaces en función de los costos y tener un gran efecto transformador, pero también pueden ser difíciles de financiar en muchos países de ingreso bajo, lo que las convierte en prioritarias para el apoyo de la comunidad internacional.

LAS INTERRUPCIONES EN LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA SON UNA CARGA PARA LAS PERSONAS Y LAS ECONOMÍAS

En el comienzo de este informe se examina la medida en que las personas y las empresas se ven afectadas por las interrupciones en la infraestructura, independientemente de cuál sea su origen. La frecuencia de estas interrupciones suele estar estrechamente relacionada

GRÁFICO R.1 Los países más pobres son los más severamente afectados por servicios de infraestructura inadecuados



Fuente: Rentschler, Kornejew y otros (2019), a partir de encuestas de empresas del Banco Mundial.
Nota: Los paneles *a* y *b* muestran los últimos datos de encuestas disponibles para 137 países, ninguno anterior a 2009. El panel *a* solo muestra los países con hasta 30 interrupciones al mes. En 8 países (todos con un PIB per cápita inferior a USD 9000) se tiene constancia de entre 30 y 95 cortes de energía al mes.

con el nivel de desarrollo económico, como se muestra en el gráfico R.1, aplicando el PIB per cápita como indicador indirecto y datos sobre cortes de electricidad y agua consignados en las encuestas de empresas del Banco Mundial. Las interrupciones acarrean costos para los individuos tanto indirectamente, por sus efectos en la productividad de las empresas, como directamente, por sus efectos en el consumo y el bienestar de los hogares.

Las interrupciones en los servicios de infraestructura cuestan a las empresas más de USD 300.000 millones al año

Los impactos que tienen sobre las empresas los sistemas de infraestructura poco fiables son diversos (cuadro R.1). Los más visibles son los impactos directos: una empresa que depende del agua para enfriar una máquina debe detener la producción durante un período de sequía; un restaurante con una cocina eléctrica no puede preparar las comidas sin electricidad. Las interrupciones eliminan la capacidad de producción de las empresas, reducen las ventas de las empresas y retrasan el suministro y la distribución de bienes. Las empresas, además, incurren en gastos adicionales para mitigar los efectos de una infraestructura que no es fiable, como equipos de generación de energía de emergencia o almacenamiento de agua. Los impactos indirectos de las interrupciones son menos inmediatos. Entre ellos figuran efectos sobre la inversión a largo plazo y las decisiones estratégicas de las empresas, así como sobre la composición, la competencia y la innovación de las industrias. Juntos, estos efectos se reflejan en la capacidad de una economía para generar riqueza y en su competitividad internacional (para más detalles, véase Braese, Rentschler y Hallegatte, 2019).

Utilizando un conjunto de microdatos sobre unas 143.000 empresas, se pueden estimar los costos monetarios de la interrupción de los servicios de infraestructura para las empresas en 137 países de ingreso bajo y medio, que representan el 78 % de la población mundial (mapa R.1)[2]. Estos datos se utilizan para evaluar el impacto de las interrupciones en los servicios de infraestructura en base a la capacidad

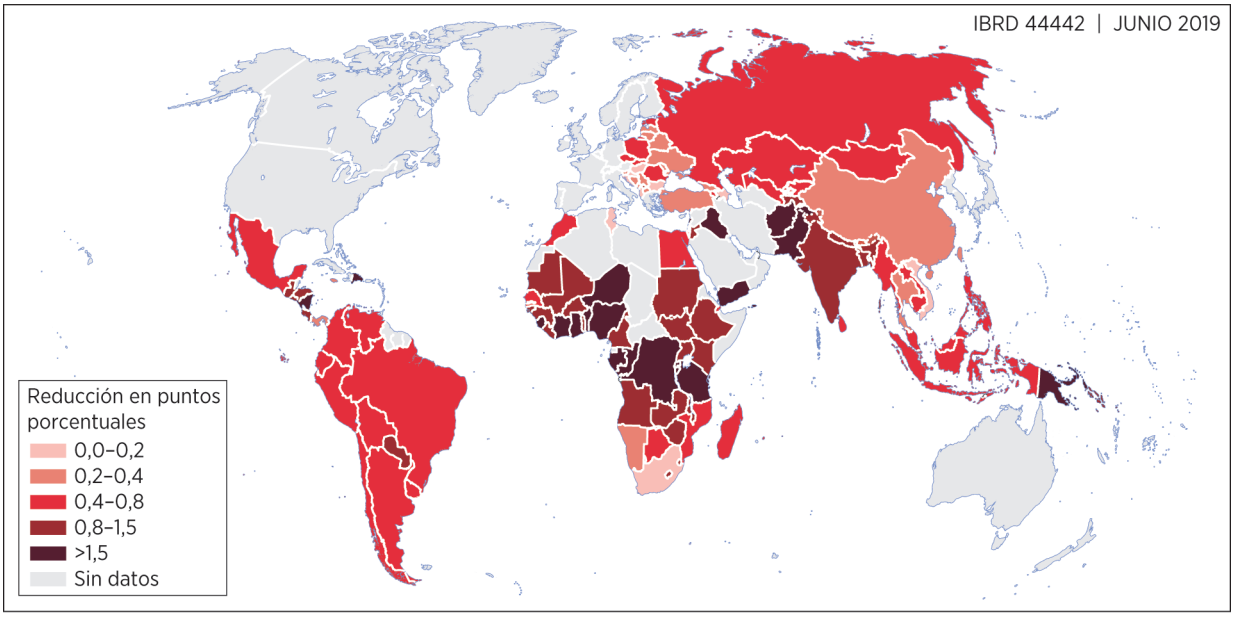
CUADRO R.1 La interrupción de los servicios de infraestructura tiene múltiples efectos en las empresas

Sector	Impactos directos	Costos de adaptación	Impactos indirectos
Energía eléctrica	• **Reducción de las tasas de utilización (USD 38 000 millones al año)** • **Pérdidas de ventas (USD 82 000 millones al año)**	• **Inversión en generadores (USD 6000 millones al año)** • **Costos de operación del generador (USD 59 000 millones al año)**	• Mayores barreras a la entrada en el mercado y menor inversión • Menor competencia e innovación debido a la falta de pequeñas y nuevas empresas • Sesgo hacia la producción con mano de obra intensiva • Incapacidad para proporcionar servicios y bienes a pedido • Disminución de la competitividad en los mercados internacionales
Agua	• **Reducción de las tasas de utilización (USD 6000 millones al año)** • **Pérdidas de ventas**	• Inversión en fuentes alternativas de agua (estanques, pozos)	
Transporte	• **Reducción de las tasas de utilización (USD 107 000 millones anuales)** • Pérdidas de ventas • Retraso en los suministros y la distribución	• Incremento de inventario • Opciones de ubicación más costosas cerca de, por ejemplo, clientes o puertos	
Telecomunicaciones	• Reducción de las tasas de utilización • Pérdidas de ventas	• Opciones de ubicación costosas, con acceso a un servicio de Internet rápido	

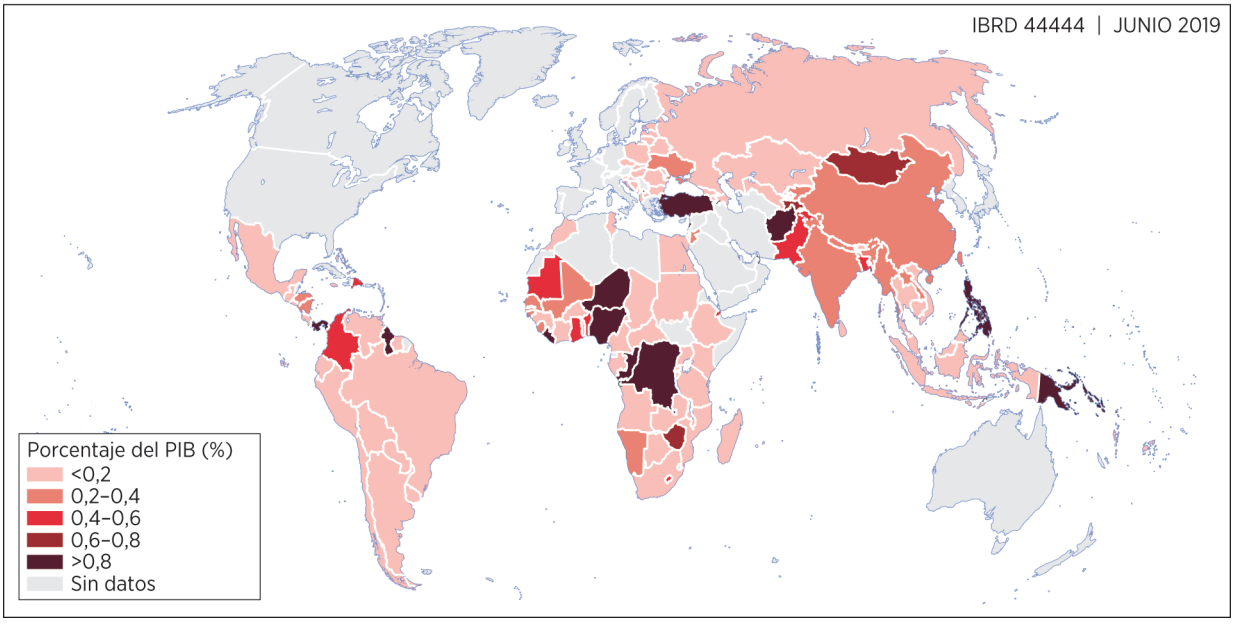
Fuente: Rentschler, Kornejew y otros, 2019.
Nota: En negrita se destacan los impactos para los cuales se presentan las estimaciones originales en esta sección. Las estimaciones abarcan los países de ingreso bajo y medio.

MAPA R.1 África y Asia meridional sufren las mayores pérdidas por la falta una infraestructura fiable

a. Pérdidas en la tasa media de utilización en todo el país debido a interrupciones en la infraestructura de electricidad, agua y transporte



b. Costos adicionales de la generación de electricidad de emergencia de las empresas como porcentaje del PIB, incluidas las inversiones iniciales y los costos operativos adicionales



Fuente: Rentschler, Kornejew, y otros 2019.

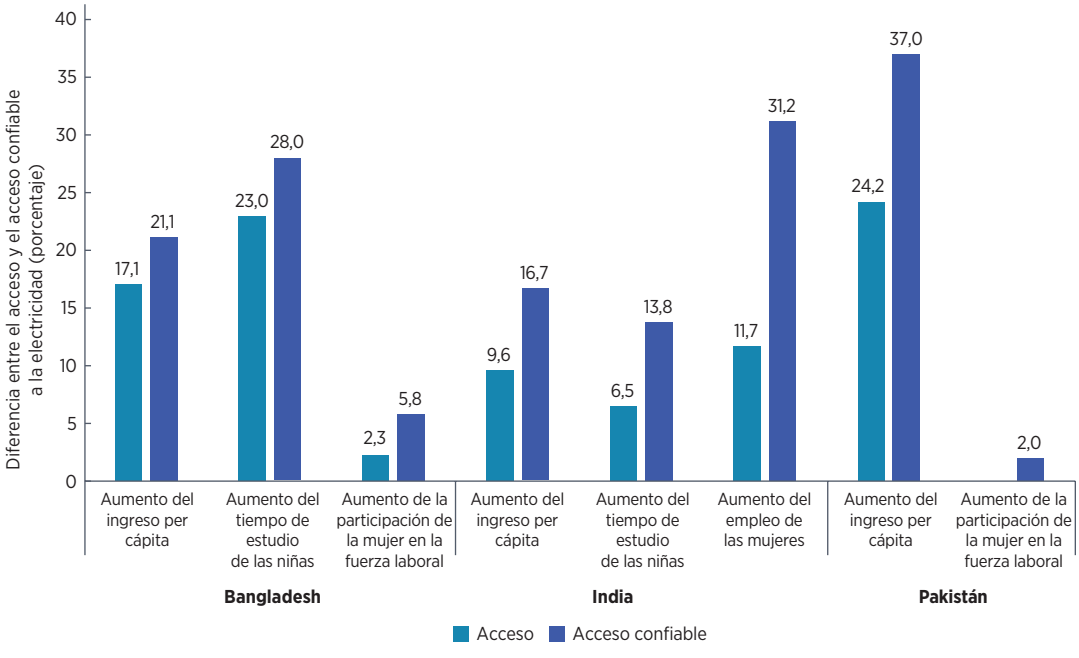
de utilización de las empresas, es decir, comparar la producción real de con la producción máxima que lograrían utilizando todos los recursos disponibles, lo que puede considerarse una buena medición del desempeño de dichos las empresas.

Los datos revelan pérdidas de utilización derivadas de interrupciones en el suministro de energía, agua y transporte por valor de USD 151.000 millones al año. (Lamentablemente, no es posible presentar estimaciones similares sobre las telecomunicaciones debido a la falta de datos). Los datos de las empresas revelan pérdidas en ventas a causa de cortes de energía por un valor de USD 82.000 millones al año, y costos adicionales por la electricidad autogenerada por un monto de USD 65.000 millones al año. Aunque estas cifras resaltan el efecto sustancial de una infraestructura poco fiable, son menores que los costos reales de las interrupciones del servicio, pues hay que tomar en cuenta que en este análisis no se incluyen todos los países ni todos los tipos de impactos.

Los impactos directos de las interrupciones en la infraestructura en la población ascienden al menos a USD 90.000 millones al año

Los servicios de infraestructura poco fiables inciden negativamente en el bienestar de los hogares. Los frecuentes cortes de energía limitan la capacidad de los hogares de participar en actividades productivas, educativas y recreativas. (Lenz y otros, 2017). En Asia meridional, Zhang (2019) observa que los cortes de energía prolongados se asocian con una disminución de los ingresos per cápita y de la participación de la mujer en la fuerza laboral, probablemente porque la falta de electricidad se asocia con un aumento del tiempo necesario para el trabajo doméstico (gráfico R.2). En los estudios también se identifica una relación fuerte y sostenida entre cortes de agua e impactos en la salud de los usuarios. En la República Democrática del Congo, las tasas de incidencia del cólera aumentaron en un 155 % después de un día de interrupción del

GRÁFICO R.2 En Bangladesh, India y Pakistán, el acceso continuo a la electricidad tiene efectos positivos adicionales sobre los ingresos y los beneficios sociales que el acceso por sí solo



Fuente: Zhang, 2019.
Nota: Estimaciones basadas en encuestas de hogares en Bangladesh, India y Pakistán.

suministro de agua, en comparación con la tasa de incidencia después de un suministro óptimo de agua (Jeandron y otros, 2015).

Las interrupciones en los servicios de infraestructura tienen muchos efectos en los hogares, y es difícil estimar el costo mundial (cuadro R.2). Para este análisis se establecieron los límites inferior y superior para los cortes de electricidad y agua, en base de estudios en los que se evaluaba la disposición de los hogares a pagar para evitar esos cortes (véase más información en Obolensky y otros, 2019). Con respecto a los cortes de energía, las estimaciones en el caso de los países de ingreso bajo y medio oscilan entre el 0,002 % y el 0,15 % del PIB anual, lo que supone entre USD 2.300 millones y USD 190.000 millones[3]. Se calcula que, en total, los cortes en el suministro de agua tienen un costo promedio de entre 0,11 % y 0,19 % del PIB mundial cada año, lo que corresponde a un rango de entre USD 88.000 millones y USD 153.000 millones. Se estima que las enfermedades transmitidas por agua contaminada que se derivan de un suministro intermitente originan costos de tratamiento médico y pérdidas de ingresos de entre USD 3.000 millones y USD 6.000 millones al año. No obstante, estos resultados pueden son limitados y contienen mucha incertidumbre debido a las diferencias en las metodologías y contextos. No fue posible realizar evaluaciones similares de los sectores del transporte y las telecomunicaciones debido a la limitación de acceso a datos.

El riesgo de desastres por amenazas naturales es una de las principales causas de las disrupciones de infraestructura

En conjunto a nivel global, el costo de las interrupciones en los servicios de infraestructura oscila entre los USD 391.000 millones y los USD 647.000 millones en los países de ingreso bajo y medio para los que se dispone de datos y teniendo en cuenta los tipos de efectos que pueden cuantificarse. Aunque estos cálculos están incompletos, ponen en evidencia los costos sustanciales que una infraestructura poco fiable impone a la población de los países de ingreso bajo y

CUADRO R.2 La interrupción de los servicios de infraestructura tiene múltiples efectos en los hogares

Sector	Impactos directos	Costos de adaptación	Impactos indirectos y en la salud
Energía eléctrica	• Menor bienestar • Menor productividad de empresas familiares	• Inversiones en generadores • Costos de operación de los generadores	• Mayor mortalidad y morbilidad (falta de acceso a atención médica, aire acondicionado durante olas de calor o fuentes de calor durante olas de frío)
	Voluntad de pagar para evitar cortes de energía: entre USD 2.300 millones y USD 190.000 millones al año		
Agua	• Menor bienestar y pérdida de tiempo	• Inversión en fuentes alternativas de agua (estanques, pozos, botellas de agua)	• Mayor incidencia de diarrea, cólera y otras enfermedades
	Voluntad de pagar para evitar cortes: entre USD 88.000 millones y USD 153.000 millones al año		**Gastos médicos e ingresos no percibidos: entre USD 3.000 millones y USD 6.000 millones al año.**
Transporte	• Más embotellamientos y pérdidas de tiempo • Mayores costos de combustible	• Mayor costo de modos de transporte alternativos	• Contaminación del aire e impactos en la salud • Acceso limitado al empleo, a los mercados y a los servicios • Personas obligadas a vivir cerca de sus trabajos, posiblemente en tierras de mala calidad
Telecomunicaciones	• Menor bienestar		• Incapacidad para llamar a servicios de emergencia

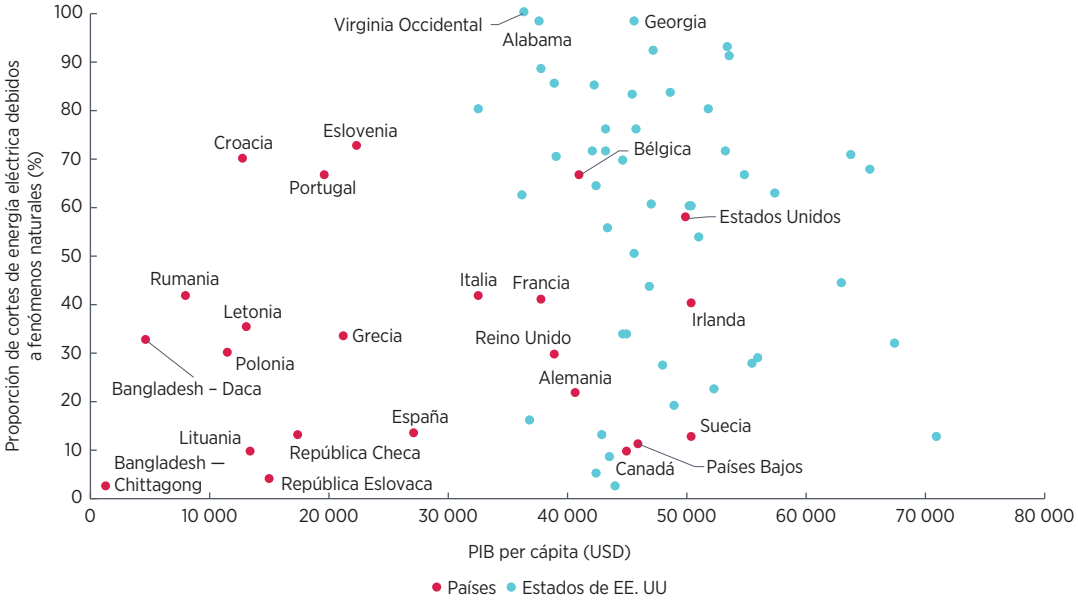
Nota: En negrita se destacan los impactos para los cuales se presentan las estimaciones originales en esta sección. Las estimaciones abarcan los países de ingreso bajo y medio.

medio. Pero ¿qué papel tienen los eventos naturales adversos en estas interrupciones? Si bien es imposible responder a esta pregunta a nivel mundial y para todos los sectores, en muchos estudios de casos las interrupciones de las infraestructuras se deben a los riesgos naturales.

En el sector de la energía eléctrica, los eventos naturales adversos —en particular las tormentas— son uno de los principales causas de interrupciones del suministro de electricidad, como se muestra en el gráfico R.3. En Bélgica, Croacia, Portugal, Eslovenia y Estados Unidos, son responsables de más del 50 % de todos los cortes de energía. Por el contrario, en Bangladesh, los fenómenos naturales representan una menor proporción de las causas de los cortes de energía, no porque los sistemas eléctricos sean más resilientes, sino porque las deficiencias de los sistemas y los factores no relacionados a eventos naturales adversos son tan frecuentes que los usuarios experimentan cortes de energía casi diarios. No obstante, en esta cifra se tiende a subestimar el papel de dichos eventos, porque los cortes de energía que estos generan tienden a ser más prolongados y geográficamente más amplios que otros tipos de cortes. En Europa, entre 2010 y 2017, los cortes de energía derivados de las amenazas naturales duraron en promedio 409 minutos, lo que los hizo casi cuatro veces más prolongados que las interrupciones por otras causas. En Bangladesh, en 2017, la tormenta tropical Sidr causó el mayor corte de electricidad en su historia: las 26 centrales eléctricas del país colapsaron y dejaron de funcionar, lo que dejó a los clientes sin electricidad durante varios días (en algunos casos, una semana) y ocasionó daños y pérdidas por valor de USD 13,4 millones (Rentschler, Obolensky y Kornejew, 2019).

En muchos países de ingreso bajo y medio, los fenómenos naturales son los causantes de sólo una pequeña fracción de los cortes de energía, lo que no significa que éstos sean resilientes. Los sistemas de energía son más vulnerables a

GRÁFICO R.3 Los eventos naturales adversos son la causa de una fracción considerable de los cortes de energía en el mundo



Fuente: Rentschler, Obolensky y Kornejew, 2019.

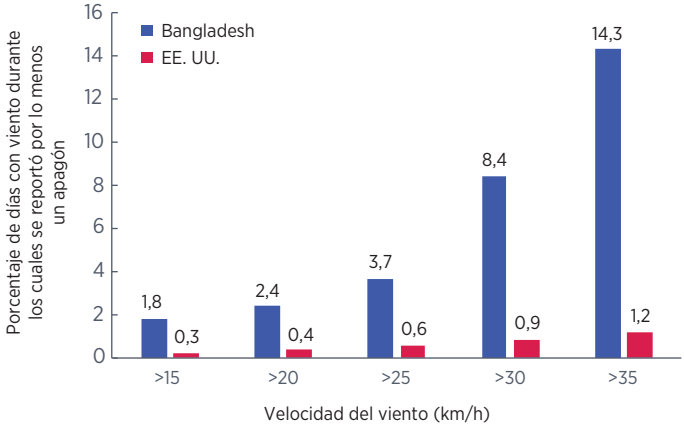
los fenómenos naturales en los países más pobres, y pueden ser responsables de un gran número de interrupciones. En el sector eléctrico, el envejecimiento de los equipos, la falta de mantenimiento, la rápida expansión de la red y la insuficiente capacidad de generación son factores que reducen la fiabilidad del servicio en general, al tiempo que aumentan la vulnerabilidad de la infraestructura a los fenómenos naturales adversos. Por ejemplo, es más probable que tormentas de la misma intensidad causen más cortes de energía en Bangladesh que en Estados Unidos (gráfico R.4). En un día en que la velocidad media del viento supera los 35 kilómetros por hora, los usuarios de electricidad en Bangladesh tienen 11 veces más probabilidades de sufrir un corte de electricidad que los consumidores en los Estados Unidos. Como resultado de esta vulnerabilidad, en 2013 en Chittagong (Bangladesh) los usuarios experimentaron cerca de 16 cortes de energía debido únicamente a las tormentas. Esta cifra equivale a tan sólo el 4 % de todos los cortes de energía registrados, pero ya es más de 15 veces superior a la cifra promedio de cortes de energía experimentados por los consumidores en Nueva York (Estados Unidos).

En el sector del transporte, el riesgo de desastres incluyendo el de inundación, generan disrupciones y causan embotellamientos, afectando tanto a las personas como a las empresas, tanto en los países ricos como en los pobres. En Kampala (Uganda), los impactos de las inundaciones en el transporte urbano reducen el acceso de las personas a los centros de atención de salud, según un análisis realizado para este informe (Rentschler, Braese y otros, 2019) (gráfico R.5). De acuerdo con un análisis de la red vial, el tiempo medio de desplazamiento hasta un hospital desde casi cualquier punto de Kampala Central es inferior a 30 minutos en automóvil. Sin embargo, durante una inundación con período de retorno de 10 años, la interrupción de la red de carreteras puede aumentar significativamente los tiempos de desplazamiento, y alrededor de un tercio de las personas que viven en lugares de Kampala Central ya no podrían llegar a los centros de salud en el plazo de la "hora de oro" (regla general que hace referencia al lapso que maximiza la probabilidad de supervivencia después de un incidente de salud grave).

Estas interrupciones del transporte derivadas de las inundaciones son costosas para las empresas. En el mismo análisis de la red vial se calculan los tiempos de desplazamiento entre unas 400 empresas como indicador indirecto del impacto de las inundaciones en la conectividad entre empresas y las cadenas de suministro locales. Una inundación que ocurre cada 10 años en Kampala aumenta el tiempo promedio de desplazamiento entre empresas en un 54 %. Un número considerable de empresas se ve aún más afectadas, ya que más de la cuarta parte de ellas se enfrenta a un aumento del tiempo medio de desplazamiento de entre el 100 % y el 350 %. Al inundarse las carreteras, la gente no puede llegar a su lugar de trabajo, y las empresas esperan en vano los suministros, no realizan sus entregas y pierden ventas.

En el sector agua y saneamiento, los activos y los servicios también se ven afectados por las eventos naturales adversos. Los graves

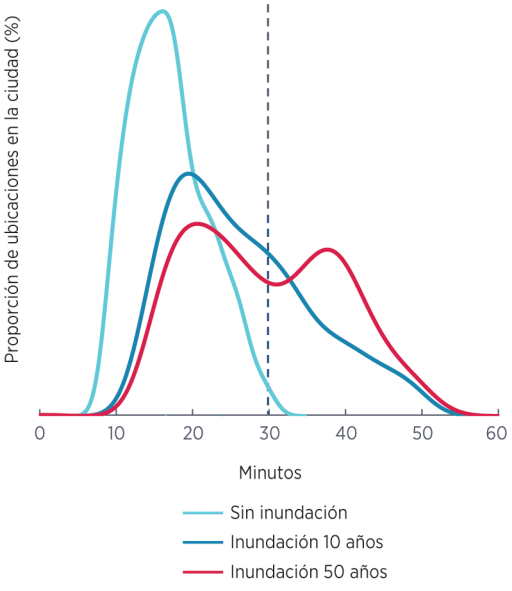
GRÁFICO R.4 La vulnerabilidad de la red eléctrica a los vientos es mucho mayor en Bangladesh que en Estados Unidos



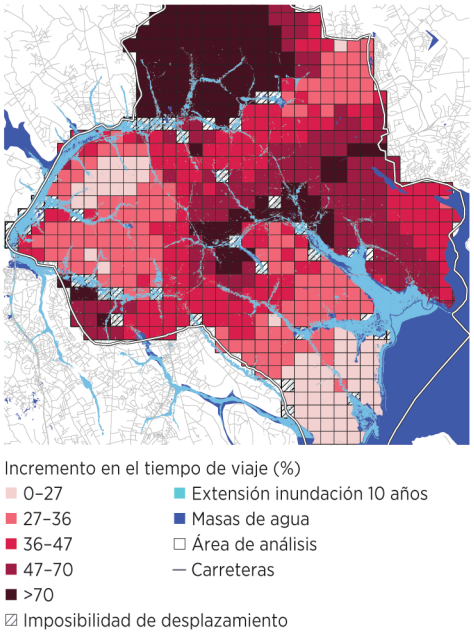
Fuente: Rentschler, Obolensky y Kornejew, 2019.
Nota: Los días de viento se definen utilizando diferentes umbrales para las velocidades medias diarias del viento que se registran. Las velocidades del viento se obtienen a partir del modelo de reanálisis climático global ERA5, que tiende a sub-representar las velocidades más altas de los vientos locales.

GRÁFICO R.5 Las inundaciones en Kampala (Uganda) limitan gravemente el acceso de las personas a los centros de salud

a. Tiempo de desplazamiento desde cualquier ubicación de Kampala Central hasta los centros de salud



b. Aumento del tiempo de desplazamiento desde cualquier ubicación de Kampala Central hasta un hospital en una inundación con período de retorno de 10 años



Fuente: Rentschler, Braese y otros, 2019.
Nota: En el gráfico *a*, el eje vertical denota la "hora de oro" (el lapso que maximiza la probabilidad de supervivencia después de un incidente de salud grave), suponiendo que las ambulancias completan un viaje de ida y vuelta que comienza en un hospital. Una inundación con período de retorno de 10 años es una inundación de una magnitud que ocurre en promedio una vez cada 10 años.

deslizamientos de tierra ocurridos en Lima (Perú) en marzo de 2017 interrumpieron el suministro de agua durante cuatro días, cuando el principal río de la ciudad se llenó de lodo. La planta principal de tratamiento de agua no pudo gestionar la turbidez resultante y tuvo que cerrar (Stip y otros, 2019).

En el sector de las telecomunicaciones, en diciembre de 2006, el gran terremoto de Hengchun —registrado en la isla de Taiwán, más precisamente en el estrecho de Luzón— es uno de los ejemplos más graves de interrupción de los sistemas de cableado submarino de los que dependen las redes internacionales de comunicaciones. Los deslizamientos de tierra submarinos causaron 19 roturas en 7 sistemas de cableado, que requirieron reparaciones para las que se precisaron 49 días de trabajo. Mientras, el tráfico se redirigió rápidamente utilizando infraestructura no dañada, pero las presiones que se ejercían sobre ella se tradujeron en una menor calidad de servicio y en retrasos. La conectividad a Internet en la región se vio seriamente afectada, y los servicios financieros, las industrias aeronáuticas y navieras sufrieron graves perjuicios (Sandhu y Raja, 2019).

Aunque hay acuerdo general en que las interrupciones causadas por las eventos naturales adversos representan un costo significativo para las empresas y los hogares, se

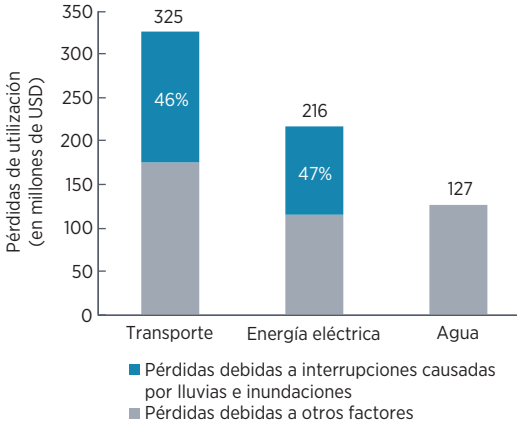
precisan estudios locales más detallados que proporcionen evaluaciones más precisas. Como base para esas evaluaciones, se elaboró una encuesta que se sometió a prueba en Tanzania con una muestra de 800 empresas de todo el país. La encuesta reveló que las empresas tanzanos sufren pérdidas de utilización por valor de USD 668 millones al año debido a cortes de electricidad y agua e interrupciones en el transporte, lo que equivale al 1,8 % del PIB del país (gráfico R.6). La energía eléctrica por sí sola plantea pérdidas de USD 216 millones al año, y el 47 % se debe exclusivamente a cortes de energía que pueden atribuirse a lluvias e inundaciones (equivalentes a USD 101 millones ó 0,3 % del PIB). En cuanto a las interrupciones del transporte, alrededor del 46 % de las pérdidas de utilización se derivan de las interrupciones causadas por lluvias e inundaciones (equivalentes a USD 150 millones ó 0,4 % del PIB). Sin embargo, la encuesta no indica que la lluvia y las inundaciones tengan un impacto significativo en la incidencia de las interrupciones en el suministro de agua.

Además de estas interrupciones, los desastres causan daños directos en los activos de infraestructura. Estos daños son críticos, ya que sobrecargan los presupuestos públicos y pueden restar atractivo al sector ante los ojos de inversionistas privados. A partir de una evaluación a nivel global de riesgos realizada para este informe, se llegó a la conclusión de que la generación de energía y la infraestructura de transporte sufren pérdidas por USD 30.000 millones al año en promedio debido a los desastres (unos USD 15.000 millones por cada sector), y los países de ingreso bajo y medio asumen alrededor de USD 18.000 millones de la pérdida total (Koks y otros, 2019, y Nicolas y otros, 2019).

Si bien estas cifras siguen siendo manejables en promedio y representan el problema a nivel mundial, pueden alcanzar valores elevados en la ocurrencia de eventos extremos. En los países más vulnerables, las cifras son lo suficientemente elevadas como para impedir que se ofrezca acceso universal a los servicios de infraestructura.

La gravedad de los desastres causados por amenazas naturales suele medirse por las pérdidas de activos que provocan (Munich Re., 2019 y Swiss Re., 2019). Sin embargo, las consecuencias secundarias de las pérdidas directas de activos sobre la actividad económica y la producción con frecuencia son la razón de buena parte de los impactos económicos totales de los desastres, especialmente cuando se ven afectados los sistemas de infraestructura (Hallegatte, 2013; Hallegatte y Vogt-Schilb, 2016). Rose, Oladosu y Liao (2007) estiman el costo total de un corte de electricidad de dos semanas en Los Ángeles (California) en USD 2.800 millones, es decir, el 13 % de la actividad económica total durante las dos semanas. Las evaluaciones exhaustivas de riesgos de desastre deberían incluir estos impactos secundarios e ir más allá de las pérdidas de activos, de modo de contribuir adecuadamente a las decisiones sobre inversiones y políticas de gestión del riesgo de desastres y orientar la toma de decisiones sobre el diseño y la operación de la infraestructura.

GRÁFICO R.6 Las empresas de Tanzania registran grandes pérdidas debido a interrupciones en los servicios de infraestructura



Fuente: Rentschler, Braese y otros, 2019.

INVERTIR EN INFRAESTRUCTURAS MAS RESILIENTES ES RENTABLE

La resiliencia de la infraestructura tiene tres niveles (gráfico R.7):

- *Resiliencia de los activos de infraestructura*. En el sentido más estricto, la infraestructura resiliente se refiere a activos tales como carreteras, puentes, torres de telefonía móvil y líneas eléctricas que pueden resistir embates externos, especialmente los derivados de amenazas naturales. En este caso, la ventaja de una infraestructura más resiliente es que reduce el costo del ciclo de vida útil de los activos.
- *Resiliencia de los servicios de infraestructura*. Los sistemas de infraestructura son redes interconectadas, y la resiliencia de los activos individuales es un indicador poco representativo de la resiliencia de los servicios prestados a nivel de red. Para la infraestructura, es preferible un enfoque sistémico de resiliencia. En este nivel, el beneficio de una infraestructura más resiliente es que proporciona servicios más confiables.
- *Resiliencia de los usuarios de infraestructura*. En última instancia, lo que importa es la resiliencia de los usuarios. Las interrupciones en la infraestructura pueden ser catastróficas o no tener impactos mayores, dependiendo de que los usuarios —incluidas personas y cadenas de suministro— puedan hacer frente a ellas. A este nivel, el beneficio de una infraestructura más resiliente es que reduce el impacto total de las amenazas naturales en las personas y las economías.

GRÁFICO R.7 La resiliencia de la infraestructura debe considerarse en varios niveles superpuestos y complementarios

La resiliencia de la infraestructura es uno de los muchos factores determinantes de una infraestructura de alta calidad. Sin embargo, la integración de la resiliencia en el diseño y la ejecución de las inversiones en infraestructura no solo ayuda a la gestión del riesgo de desastres, sino que también complementa la eficacia en función de los costos y la calidad de los servicios de infraestructura en general.

La creación de activos de infraestructura más resilientes en zonas expuestas a eventos naturales adversos tiene beneficios superiores a sus costos

El costo inicial adicional de los activos de infraestructura más resilientes oscila entre valores negativos y doble del costo de construcción, dependiendo del activo y la amenaza natural a la cual el activo está expuesto. Entre las intervenciones para aumentar la resiliencia de los activos se puede citar el uso de materiales alternativos, la excavación de cimientos más profundos, la elevación en altura de los activos, la construcción de protección contra las inundaciones en torno al activo o la adición de componentes de redundancia.

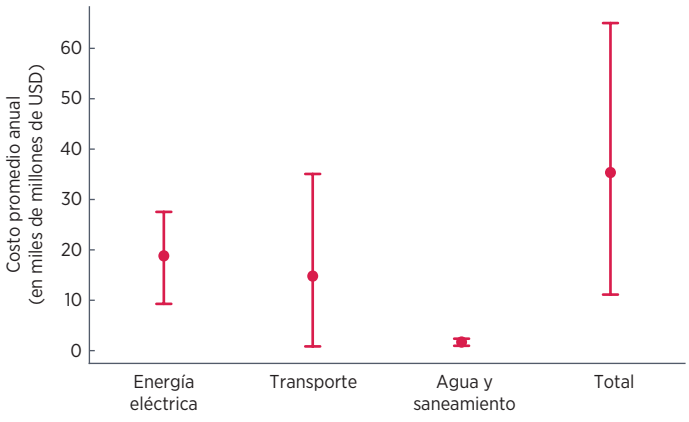
¿Cuánto costaría implementar estas soluciones técnicas? Este informe aborda esta cuestión

con un análisis que comienza con las estimaciones de Rozenberg y Fay (2019) sobre cuánto tendrían que gastar en infraestructura los países de ingreso bajo y medio para alcanzar sus objetivos de desarrollo. A continuación, mediante el análisis se pregunta cuánto cambiarían esas estimaciones si los sistemas de infraestructura se diseñaran y construyeran de una manera más resiliente (utilizando uno de los conjuntos de opciones técnicas de Miyamoto Internacional, 2019). Adviértase que las soluciones aquí evaluadas no garantizan que los activos no puedan resultar dañados por eventos naturales adversos ni incluyen todas las opciones posibles para reducir los riesgos. Muchos países ricos —como Japón— implementan soluciones técnicas que van más allá del conjunto de soluciones que se examinan en este análisis, y que también son más costosas.

En general, el costo incremental resultante del aumento de la resiliencia de los activos de infraestructura en los países de ingreso bajo y medio es reducido, siempre que se disponga de los datos, los modelos de evaluación del riesgo y los métodos de adopción de decisiones adecuados. Aumentar únicamente la resiliencia de los activos expuestos a amenazas incrementaría las necesidades de inversión en energía, agua y saneamiento y transporte en un valor de entre USD 11.000 millones y USD 65.000 millones al año (gráfico R.8). Aunque es significativo, este margen representa sólo el 3 % de las necesidades de inversión en infraestructura y menos del 0,1 % del PIB de los países de ingreso bajo y medio. Por lo tanto, no afectaría a los actuales desafíos a los que se enfrentan los países para invertir en infraestructura.

Sin embargo, lograr una mayor resiliencia de la infraestructura mediante el fortalecimiento de los activos sólo es realista si se dispone de datos adecuados sobre la distribución espacial de las amenazas naturales a las cuales está expuesta esta infraestructura. Sin esta información, el fortalecimiento de todo el sistema podría costar

GRÁFICO R.8 El costo incremental de aumentar la resiliencia de inversiones futuras en infraestructura depende de los escenarios de gasto, pero sigue siendo limitado en todos los casos



Fuente: Hallegatte y otros, 2019.
Nota: El gráfico muestra el costo de capital anual incremental para una infraestructura más resiliente para el período 2015-30.

10 veces más —entre USD 120.000 millones y USD 670.000 millones—, lo que sugiere que el valor de los datos sobre riesgo de desastres supera en varios órdenes de magnitud al costo de producir la información.

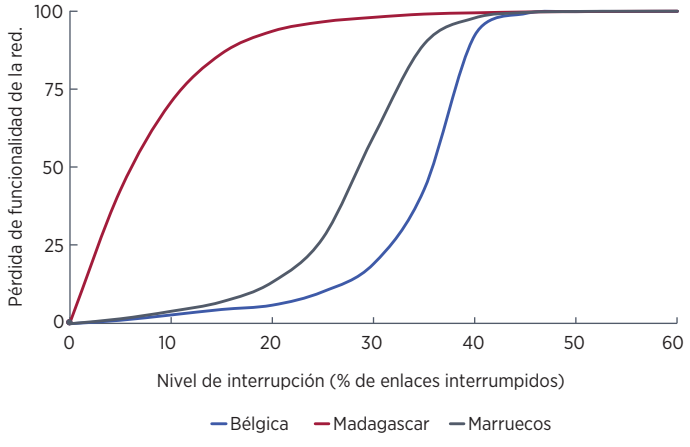
¿Cuál ha de ser el rendimiento de la inversión para lograr que la infraestructura expuesta sea más resiliente a los desastres ? La incertidumbre sobre el costo de la resiliencia de la infraestructura y los beneficios, en términos tanto de reparaciones que se evitan como de interrupciones para los hogares y las empresas, hace difícil proporcionar una única estimación de la relación costo-beneficio del fortalecimiento de los activos de infraestructura expuestos. Sin embargo, se puede utilizar un conjunto de 3.000 supuestos (con los que se cubriría la incertidumbre de los parámetros del análisis) para evaluar los costos y beneficios de hacer que la infraestructura sea más resiliente.

En el análisis se muestra que, a pesar de la incertidumbre, invertir en una infraestructura más resiliente es claramente una opción sólida y eficaz en función de los costos. La relación costo-beneficio es superior a 1 en el 96 % de los escenarios, superior a 2 en el 77 % de ellos

y superior a 6 en el 25 % (Hallegatte y otros 2019). El valor neto actualizado de estas inversiones, durante la vida útil de los activos de infraestructura nuevos, supera los USD 2 billones en el 75 % de los supuestos, y los USD 4,2 billones en la mitad de ellos. Además, el cambio climático hace que el fortalecimiento de los activos de infraestructura sea aún más importante. Sin el cambio climático, la relación entre beneficio y costo sería igual a 2, pero se duplica cuando uno considera el cambio climático.

También es evidente la urgencia de invertir en mejores infraestructuras. Dado que en los países de ingreso bajo y medio se están realizando inversiones masivas en infraestructura, muchas veces sin tomar en cuenta la resiliencia, aumenta rápidamente la cantidad de activos vulnerables, lo que incrementa los costos futuros derivados al impacto de eventos naturales adversos y el cambio climático. Retrasar las acciones del año 2020 al año 2030 resulta costoso en el 93 % de los supuestos, y el costo medio de una década de inacción asciende a USD 1 billón.

GRÁFICO R.9 Los sistemas de transporte de Bélgica y Marruecos pueden absorber disrupciones viales mucho mayores que los de Madagascar



Fuente: Rozenberg, Fox y otros, 2019.

De activos de infraestructura resilientes a la provisión de servicios de infraestructura resilientes

Concentrarse en que los activos de infraestructura sean más resistentes no es la única opción para aumentar la resiliencia de los servicios. La ampliación del análisis de los *activos* de infraestructura a los *servicios de infraestructura* pone de manifiesto que el costo de la resiliencia puede reducirse aún más si se trabaja a nivel de red y de sistema, considerando la importancia crítica, la redundancia, la diversificación y las soluciones basadas en la naturaleza como opciones adicionales.

Para ilustrar el papel de las redes en la resiliencia de los sistemas de infraestructura, en un estudio realizado para esta publicación se cuantifica la *resiliencia de las redes de transporte* en 225 países, definida como la proporción entre pérdida de funcionalidad y pérdida de instalaciones (Rozenberg, Fox y otros, 2019). Una red de carreteras resiliente, como la de Bélgica o Marruecos, puede perder muchos activos (tramos de carretera) sin perder su funcionalidad, mientras que redes frágiles con poca redundancia, como la de Madagascar, se vuelven disfuncionales incluso con daños leves (gráfico R.9). En los sistemas de agua pueden aplicarse enfoques similares, donde la metodología típica consiste en localizar todos los componentes de una red y evaluar las condiciones en las que fallarían, cuáles serían los efectos de esos fallos, y cómo afectarían a la prestación de servicios.

Los *efectos de red* generan oportunidades para fortalecer la resiliencia de las redes y los usuarios a un costo reducido mediante la priorización de los costos incrementales de los activos que son *críticos* para el sistema, ya sea fortaleciéndolos o bien incorporando redundancias únicamente donde se registran puntos de estrangulamiento (Rozenberg, Espinet y otros, 2019). En el caso de las redes de transmisión y distribución, por ejemplo, es frecuente que la resiliencia se construya mediante redundancias, lo que no significa necesariamente

duplicar o triplicar los componentes clave de la red. Un enfoque más eficaz suele consistir en crear redes "anilladas" o integradas con múltiples puntos de suministro para varios nodos de la red.

La diversificación y la descentralización también brindan oportunidades para que los servicios sean más resilientes. El uso de la generación de energía con vulnerabilidades diferenciadas (por ejemplo, la energía hidroeléctrica, vulnerable a las sequías, frente a la solar y la eólica, vulnerables a los vientos fuertes) hace más probable que un sistema sea capaz de mantener un nivel mínimo de servicio. Los sistemas de transporte multimodales que dependen de modalidades no motorizadas y del transporte público son más resilientes que los sistemas que dependen únicamente de los vehículos privados. Los sistemas de energía distribuida que utilizan energía solar y baterías pueden reforzar una red y hacerla más resiliente. Gracias a que no dependen de cables de transmisión de larga distancia, las minirredes y microrredes pueden proporcionar energía de respaldo útil en caso de fallo de la red. Durante el huracán Sandy, la microrred de Co-Op City, en Nueva York, se desacopló con éxito de la red principal y brindó servicio a los consumidores durante las interrupciones de la red general (Strahl y otros, 2016).

La combinación de infraestructura verde y gris puede proporcionar soluciones de infraestructura de menor costo, más resilientes y sostenibles (Browder y otros, 2019). El 90 % del agua de la ciudad de Nueva York proviene de cuencas hidrográficas naturales bien protegidas, lo que hace que su proceso de tratamiento sea más sencillo que el de otras ciudades de Estados Unidos (Consejo Nacional de Investigación, 2000). Según Beck y otros (2018), sin los arrecifes de coral, el daño anual causado por las inundaciones costeras se duplicaría en todo el mundo. Según sus cálculos, Cuba, Indonesia, Malasia, México y Filipinas son los países que más se benefician de sus arrecifes, con un ahorro anual de más de USD 400 millones por país. En Colombo (Sri Lanka), la preservación del sistema de humedales resultó una solución eficaz en función de los costos para reducir las inundaciones en la ciudad, incluso teniendo en cuenta las limitaciones del desarrollo urbanístico (Browder y otros, 2019).

También hay que considerar los límites de lo que se puede lograr en términos de fortalecimiento de la resiliencia del sistema. No se puede diseñar ningún activo o sistema de infraestructura para hacer frente a todas las amenazas posibles. Y una gran incertidumbre rodea la probabilidad de ocurrencia y la intensidad de los eventos más extremos. La consecuencia de ello es que, para minimizar el riesgo de falla del sistema por un evento catastrófico, hay que someterlos a pruebas de resistencia frente a una variedad de eventos (Kalra y otros, 2014). Estas pruebas de resistencia tienen dos objetivos: 1) identificar opciones de bajo costo que puedan reducir la vulnerabilidad de los sistemas de infraestructura frente a eventos extremos, incluso los más improbables, y 2) prepararse para la posibilidad de que se produzca un fallo en términos de gestión de los sistemas de infraestructura (por ejemplo, cómo recuperarse de un fallo importante) y en lo que respecta al apoyo a los usuarios (por ejemplo, cómo minimizar el impacto en hospitales). La primera medida —y la más importante— que debe llevarse a cabo al definir planes de contingencia es la elaboración de hipótesis del fallo.

Por último, a veces la mejor manera de lograr que un activo de infraestructura sea resiliente es no construirlo. Según Nicholls y otros (2019), la protección costera contra marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar sólo tendría sentido desde el punto de vista económico en el siglo xxi para aproximadamente entre el 22 % y el 32 % de las costas del mundo. Por consiguiente, cabe contemplar el posible desplazamiento gradual de algunas comunidades o la aplicación de enfoques para la protección del litoral que supongan un costo menor o se basen en medios naturales.

Esas comunidades se encuentran en su mayoría en zonas escasamente pobladas, donde los costos de la protección son demasiado elevados para ser asequibles. En esas zonas, el mejor enfoque desde la perspectiva de la resiliencia puede ser *no* construir nuevas obras de infraestructura. Sin embargo, este enfoque debe complementarse con una estrategia coherente para gestionar los reasentamientos, manteniendo al mismo tiempo los medios de subsistencia y los vínculos comunitarios.

De servicios de infraestructura resilientes a usuarios y economías resilientes

En algunos casos, puede ser más fácil y económico gestionar las interrupciones de servicio que prevenirlas. En este informe se analiza la función que desempeñan los usuarios de los servicios de infraestructura y cómo sus actos pueden contribuir a que los sistemas de infraestructura sean más resilientes.

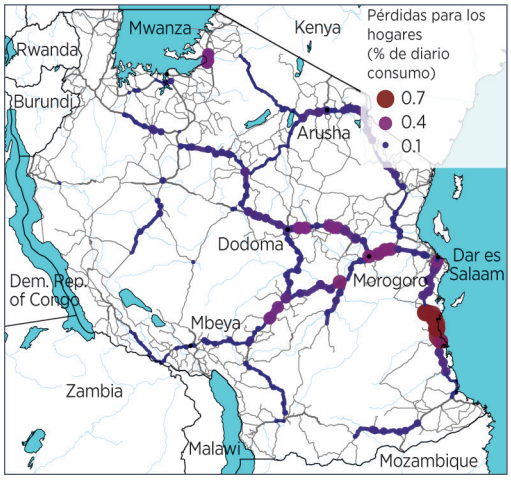
A menudo, para incrementar la resiliencia, una primera opción de medidas de "utilidad indiscutible", si bien de carácter limitado, consiste en reducir la demanda mediante la mejora de la eficiencia. Ante el aumento demográfico y la creciente escasez de recursos hídricos, una empresa de servicios públicos de agua y saneamiento puede utilizar la gestión de la demanda para reducir la presión sobre el suministro urbano de agua. Un ejemplo reciente es el de Ciudad del Cabo (Sudáfrica), que tuvo que adoptar medidas drásticas para evitar llegar al "día 0": el día en que la ciudad se quedaría sin agua. Las medidas de gestión de la demanda que aplicó la ciudad tuvieron un éxito enorme, logrando reducir el uso en un 40 % entre 2015 y 2018 y previniendo lo que podría haber sido una gran crisis socioeconómica.

Comprender las necesidades y capacidades de los usuarios ayuda a las empresas de servicios públicos a determinar mejor dónde invertir y qué parte de la red debe fortalecerse. Durante una emergencia, y después de ella, es probablemente más importante para un país una línea de distribución de energía eléctrica para un hospital o un refugio contra inundaciones que las líneas eléctricas generales. Para examinar la importancia crítica de la red de transporte en Tanzania, y específicamente hasta qué punto depende de los usuarios y las cadenas de suministro, en el estudio realizado al efecto para este informe se combinan un modelo de transporte y otro de una cadena de suministro (Colon, Hallegatte y Rozenberg, 2019). En el mapa R.2 se muestran los activos más importantes en el sector del transporte para dos cadenas de suministro, y se revela que las prioridades de inversión en el fortalecimiento de activos dependen de qué cadenas de suministro se consideren más vulnerables o más importantes. Por ejemplo, la carretera T6 entre Masi y Tunduru (en el sur) es clave para la seguridad alimentaria, pero más bien irrelevante para el comercio internacional. Para el comercio, la carretera T3, al este de Morogoro, aparece como una prioridad. Este segmento registra grandes flujos de carga entre el puerto de Dar es Salaam y países sin litoral, como la República Democrática del Congo y Zambia.

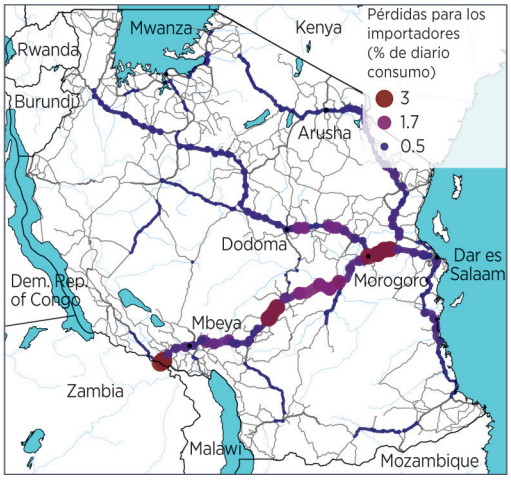
Son muchas las opciones que tienen las empresas para mejorar su propia resiliencia frente a las interrupciones cuando su prevención no es posible o asequible. Disponer de grandes existencias las protege frente a problemas de transporte. Contar con una variedad de proveedores, tanto locales como de lugares distantes, es otra poderosa salvaguarda, especialmente contra interrupciones prolongadas. Sin embargo, mantener un volumen excesivo de existencias y gestionar múltiples proveedores son cargas financieras que implican costos de transacción considerables, lo que las convierte en opciones más pertinentes para las empresas grandes. Dado que una cadena de suministro estática nunca podrá hacer frente a un desastre en gran escala y a las interrupciones que conlleva, la capacidad de adaptación es fundamental y debería estar integrada en los planes de continuidad de las operaciones (Christopher y Peck, 2004, y Sheffi, 2005).

MAPA R.2 Las prioridades de inversión para la red de transporte en Tanzania dependerán de sus cadenas de suministro

a. Impacto de la interrupción en los hogares



b. Impactos de la interrupción en clientes internacionales



Fuente: Colon, Hallegatte y Rozenberg, 2019.
Nota: El ancho de la línea que se superpone al trazado de una carretera determinada es proporcional a los impactos que generaría la interrupción de esa carretera durante una semana. Los impactos, medidos en porcentaje del consumo diario, representan gastos excepcionales debido a un transporte más costoso y a la falta de consumo derivada del desabastecimiento. En el panel *a* se muestran estos impactos en los productos alimentarios consumidos por los hogares, y en el panel *b* se muestran los impactos en las compras que dejan de realizar los compradores internacionales.

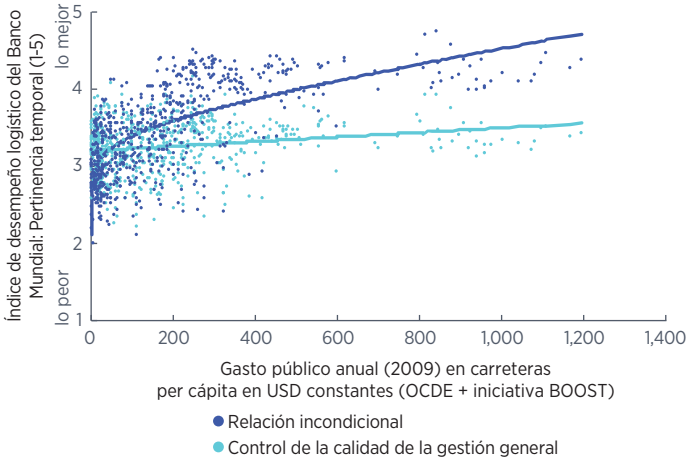
PARA QUE LA INFRAESTRUCTURA SEA MÁS RESILIENTE SE PRECISA UNA ESTRATEGIA COHERENTE

En muchos países, las interrupciones en la infraestructura son síntoma de deficiencias crónicas. Se producen cortes de energía todos los días, el suministro de agua es poco confiable o inseguro, y las congestiones del tráfico hacen que los desplazamientos sean lentos e impredecibles. En muchos lugares, estas interrupciones ocurren simplemente porque los sistemas de infraestructura no están diseñados para seguir el ritmo de una demanda creciente o porque los fallos del sistema son el resultado de una mala gestión o mantenimiento de las instalaciones. Si bien las amenazas naturales pueden exacerbar estas situaciones, la mayoría de estas interrupciones reflejan problemas más profundos relacionados con el diseño y la gestión de la infraestructura. Esto significa que, para que los sistemas de infraestructura sean resilientes, el primer paso es hacerlos fiables en condiciones normales mediante el diseño, la operación, el mantenimiento y el financiamiento adecuados.

Recomendación 1: Construir lo básico

Según un reciente análisis realizado sobre países de todo el mundo (Kornejew, Rentschler y Hallegatte, 2019), el desempeño insuficiente de determinados sistemas de infraestructura es resultado principalmente de la mala administración y la mala gestión general. Utilizando como indicador indirecto el índice de desempeño logístico del Banco Mundial, en el gráfico R.10 se aprecia en qué medida el desempeño del sistema de transporte depende del gasto público en carreteras. El desempeño aumenta rápidamente con el gasto per cápita, pero sólo cuando mejora en paralelo la calidad de la gestión general (línea roja). Si no se altera la calidad de la gestión general (línea azul), el aumento del gasto únicamente produce mejoras marginales en el desempeño del

GRÁFICO R.10 Cuanto mayor es el gasto en el sistema de transporte mayor es su fiabilidad, pero solo si también mejora la gestión general



Fuente: Kornejew, Rentschler y Hallegatte, 2019.

sistema de transporte y deja de ser eficaz en función de los costos. En análisis comparables se observan resultados similares para los sistemas de energía y agua.

Por consiguiente, el primer obstáculo que debe resolverse en los sistemas de infraestructura es su gestión deficiente. Para que la infraestructura sea resiliente a los eventos naturales adversos, los países, en primer lugar, tienen que construir bases sólidas en lo que respecta a la gestión de la infraestructura y adoptar en particular las siguientes tres medidas prioritarias.

Acción 1.1: Instituir y aplicar regulaciones, códigos de construcción y normas de adquisiciones

Las regulaciones, los códigos y las normas de adquisiciones correctamente concebidos son el enfoque más sencillo para mejorar la calidad de los servicios de infraestructura, en particular su fiabilidad y resiliencia. Su aplicación efectiva en el sector de la infraestructura requiere un marco jurídico sólido, pero también entes reguladores fuertes que supervisen la construcción, la calidad y el rendimiento del servicio, y que recompenses o sancionen a los prestadores de servicios en función de su desempeño. En la actualidad, muchas de estas entidades carecen de los recursos y la capacidad para hacer cumplir los códigos de construcción existentes.

Acción 1.2: Crear sistemas para la operación, el mantenimiento y la respuesta adecuada de la infraestructura tras producirse incidentes

Para aumentar la resiliencia de los activos de infraestructura, una opción "útil en todo caso" (beneficiosa, pase lo que pase en el futuro) consiste en la mejora del mantenimiento y las operaciones, con la que también se reducen los costos generales. En un análisis de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) realizado para este informe se indica que por cada USD 1 adicional gastado en mantenimiento de carreteras se ahorra USD 1,5 en nuevas inversiones, lo que hace que un mantenimiento adecuado sea una opción verdaderamente eficaz en función de los costos (Kornejew, Rentschler y Hallegatte, 2019). Una herramienta importante a este fin son los sistemas de gestión de activos de infraestructura, que incluyen un inventario de todos los activos y su estado, así como de todos los aspectos estratégicos, financieros y técnicos de la gestión de activos de infraestructura a lo largo de su vida útil. Estas herramientas ayudan a avanzar hacia un programa de mantenimiento preventivo con base empírica y a distanciarse de los enfoques reactivos de mantenimiento con parches fortaleciendo la gestión eficaz de los sistemas de infraestructura.

Acción 1.3: Proveer recursos apropiados y financiamiento para la planificación, la construcción y el mantenimiento de la infraestructura

La calidad de los servicios de infraestructura depende de muchos factores, desde una buena planificación hasta un buen mantenimiento, pero cada uno de ellos tiene un costo (gráfico R.11). Si los recursos no son

GRÁFICO R.11 Una infraestructura de calidad requiere que se atiendan múltiples necesidades de financiamiento

suficientes para satisfacer la necesidad de cualquiera de estos factores, es probable que la calidad de los servicios de infraestructura se vea afectada. Incluso si el gasto en inversiones es apropiado, la insuficiencia de recursos para la planificación, el diseño o el mantenimiento de las instalaciones daría como resultado una baja calidad y fiabilidad. Se pueden utilizar asignaciones presupuestarias y fondos específicos para garantizar que se dispone de recursos suficientes para satisfacer las diferentes necesidades, especialmente de mantenimiento.

La aplicación de estas tres medidas básicas contribuiría a mejorar la fiabilidad de los sistemas de infraestructura y a establecer la capacidad necesaria para hacer frente a eventos naturales adversos y al cambio climático. Sin embargo, éstos no serían suficientes para lograr objetivos más ambiciosos en materia de resiliencia. Si no se adoptan medidas específicas para reforzar la resiliencia, los activos de infraestructura no podrán hacer frente a eventos extremos o poco frecuentes, como huracanes, inundaciones fluviales o terremotos. Y sin medidas específicas para tomar en consideración el cambio climático, se corre el riesgo de que estos activos se diseñen para las condiciones climáticas y ambientales equivocadas. Para aumentar la resiliencia a estas amenazas naturales en permanente evolución, es necesario abordar cuatro obstáculos adicionales que son específicos del desafío de la resiliencia.

Recomendación 2: Crear instituciones para promover la resiliencia

Los desafíos de la economía política y las fallas de coordinación impiden la creación de un ecosistema de infraestructura resiliente. Los Gobiernos, por lo tanto, deben desempeñar un papel de coordinación (OCDE, 2019), mediante las siguientes tres medidas prioritarias.

Acción 2.1: Aplicar un enfoque orientado al conjunto de la administración pública en materia de resiliencia de la infraestructura, basándose en los sistemas regulatorios existentes

Los analistas concuerdan en que los Gobiernos desempeñarán un papel clave a la hora de garantizar la resiliencia de las obras de infraestructura críticas y en que deben adoptar un enfoque orientado al conjunto de la administración pública (Renn, 2008, Wiener y Rogers, 2002, y Banco Mundial, 2013). Una solución habitual para mejorar la coordinación de la gestión de riesgos entre distintos riesgos y distintos sistemas consiste en encomendar a un órgano interministerial (existente o nuevo) el intercambio de información, la coordinación y, posiblemente, incluso la aplicación de medidas de gestión de riesgos para la infraestructura.

Acción 2.2: Identificar las infraestructuras críticas y definir los niveles de riesgo aceptables e intolerables

Los análisis de importancia crítica son una herramienta importante para identificar los activos de infraestructura más importantes y determinar su vulnerabilidad. Una vez identificados los activos y sistemas de infraestructura críticos, los Gobiernos deben definir los niveles de riesgo que son aceptables o intolerables. Cada sector de infraestructura puede utilizar estos niveles de riesgo para diseñar sus propias regulaciones y medidas, de modo de asegurar la coherencia entre sistemas. En esta definición de los niveles de riesgo se debe tener en cuenta el contexto local, especialmente los recursos disponibles, y se requiere un enfoque abierto y participativo que garantice que la gestión del riesgo no se convierta en un obstáculo para el desarrollo.

Acción 2.3: Garantizar el acceso equitativo a infraestructura resiliente

Las consideraciones económicas no pueden ser lo único que motive la adopción de decisiones en materia de resiliencia. El fortalecimiento de la resiliencia de la infraestructura debe estar orientado por una evaluación más completa de los posibles riesgos e impactos de las interrupciones, especialmente para los grupos de población vulnerables y marginados. Los nuevos enfoques permiten realizar evaluaciones más exhaustivas de las prioridades espaciales. Por ejemplo, las estimaciones sobre *pérdida de bienestar* o de *resiliencia socioeconómica* brindan evaluaciones equilibradas sobre los impactos de los desastres por amenazas naturales en los hogares pobres y ricos (Hallegatte y otros, 2016, y Walsh y Hallegatte, 2019).

Recomendación 3: Crear regulaciones e incentivos para la resiliencia

Un tercer obstáculo a una infraestructura más resiliente es que los responsables de la toma de decisiones públicos y privados suelen tener escasos incentivos para evitar interrupciones. Con demasiada frecuencia, sólo tienen en cuenta los costos de reparación más bajos a la hora de decidir sobre las inversiones en resiliencia; rara vez consideran el costo social total de las interrupciones en la infraestructura. Por consiguiente, los Gobiernos deben incluir la resiliencia en un conjunto coherente de regulaciones e incentivos financieros para armonizar los intereses de los prestadores de servicios de infraestructura con los intereses del público (gráfico R.12), mediante las siguientes tres medidas prioritarias.

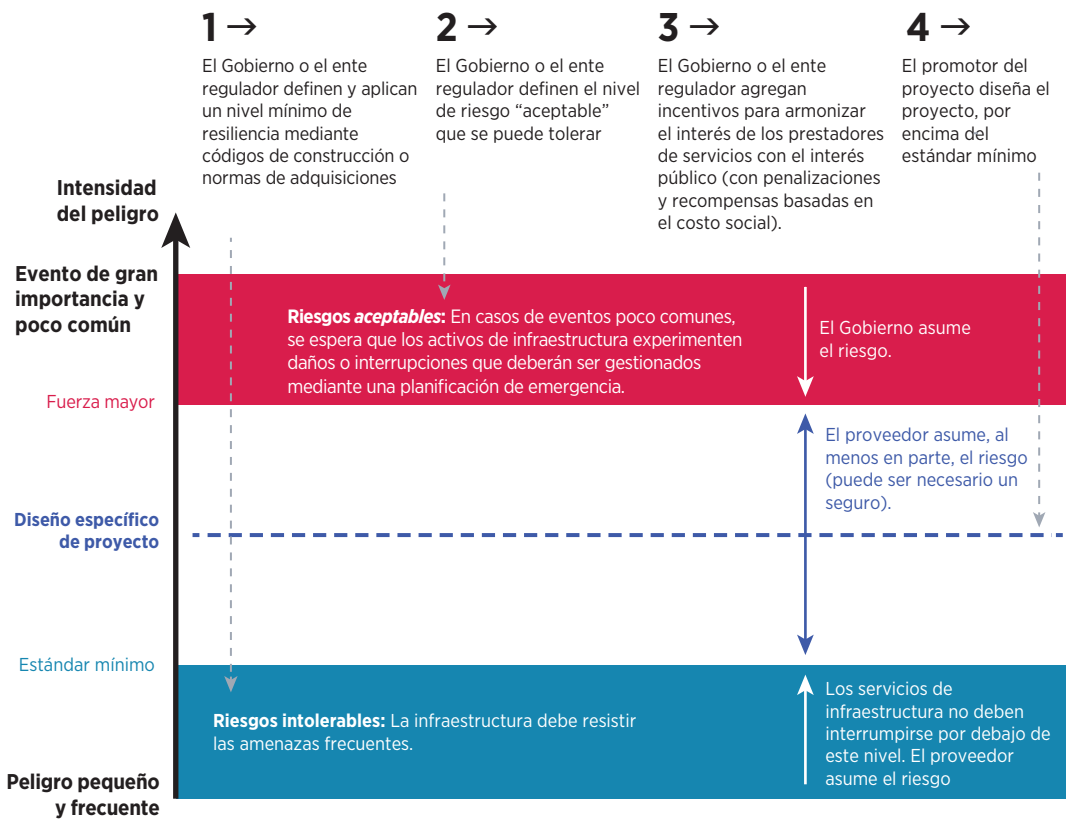
Acción 3.1: Considerar la inclusión de objetivos de resiliencia en los planes maestros, normas y regulaciones, y ajustarlos periódicamente para considerar el cambio climático

En las normas y regulaciones se debe tener en cuenta una serie de factores, como las condiciones climáticas, los riesgos geofísicos, las tendencias ambientales y socioeconómicas, las prácticas de construcción locales y las prioridades de política. También deben revisarse más regularmente que en la actualidad para considerar el cambio climático y otras tendencias a largo plazo (Vallejo y Mullan, 2017). Además, el Gobierno puede utilizar las regulaciones para fortalecer la resiliencia de usuarios específicos de servicios de infraestructura, no solo de los proveedores. Por ejemplo, se podría exigir a los hospitales que mantengan generadores de emergencia y tanques de agua. Y a las empresas se les podría exigir que prepararan planes de continuidad de las operaciones para reducir al mínimo el costo económico de los desastres y las interrupciones en la infraestructura.

Acción 3.2: Crear incentivos económicos para que los prestadores ofrezcan servicios de infraestructura resiliente.

Las recompensas y sanciones se pueden utilizar como incentivos para que los prestadores de servicios vayan más allá de los estándares

GRÁFICO R.12 La creación de incentivos adecuados para los prestadores de servicios de infraestructura requieren un conjunto coherente de reglamentos e incentivos financieros



obligatorios e implementen soluciones eficaces en función de los costos para mejorar la resiliencia (Pardina y Schiro, 2018). El ente regulador de la energía de Australia estableció un plan de incentivos para alcanzar el desempeño previsto del servicio, en el que se incluyen penalizaciones y recompensas calibradas en función de la disposición de los consumidores a pagar por la mejora del servicio. Otro ejemplo son los programas de pago de los servicios proporcionados por ecosistemas, que promueven el uso de soluciones basadas en la naturaleza para aumentar la resiliencia. En Brasil, los usuarios del agua pagan un canon a la compañía local de agua que los comités locales de gestión de la cuenca hidrográfica utilizan para su mantenimiento y reforestación (Browder y otros, 2019).

Acción 3.3: Garantizar que las regulaciones de infraestructura sean coherentes con los planes de uso del territorio incorporando consideraciones del riesgo, y orientar el desarrollo hacia zonas seguras

Dado que las inversiones en infraestructura influyen en los patrones de desarrollo espacial, pueden incidir en la exposición de las personas a las amenazas naturales. Para asegurar que la infraestructura nueva contribuya a la resiliencia de los usuarios, las regulaciones deben ser coherentes con los planes de uso de la tierra y urbanización basados en la evaluación del riesgo. Por su parte, para la elección de las ubicaciones de las obras de infraestructura se deben tener en cuenta las posibles inversiones que atraerá un nuevo activo de infraestructura y las repercusiones en

términos de resiliencia. En el mejor de los casos, las opciones de ubicación de la infraestructura se pueden utilizar para apoyar la implementación de planes de uso de la tierra y promover el desarrollo territorial de bajo riesgo.

Recomendación 4: Mejorar la toma de decisiones

Aunque los entes reguladores y los prestadores de servicios de infraestructura cuenten con los incentivos adecuados para crear sistemas de infraestructura más resilientes, a menudo carecen de acceso a los datos y las herramientas que necesitan para tomar buenas decisiones, e incluso de las aptitudes y competencias para ello. Por consiguiente, los Gobiernos deben ayudar a que todas las partes interesadas mejoren sus procesos de toma de decisiones mediante las siguientes tres medidas prioritarias.

Acción 4.1: Invertir en datos de libre acceso sobre amenazas naturales y cambio climático

Las inversiones en datos y modelos de evaluación del riesgo (tales como modelos hidrológicos, mapas de riesgos de inundación, modelos digitales de elevación e inventarios de activos de infraestructura) pueden tener un rendimiento extremadamente alto al mejorar el diseño y mantenimiento de los activos de infraestructura. La producción de modelos digitales de elevación para todas las zonas urbanas de países de ingreso bajo y medio costaría entre USD 50 millones y USD 400 millones en total y permitiría realizar evaluaciones a fondo de los riesgos de todos los nuevos activos de infraestructura; esto serviría para determinar inversiones de cientos de miles de millones de dólares al año. Sin embargo, estos datos tienen características de bien público que disuaden a los actores privados de invertir en ellos y requieren apoyo público. Para que sean útiles, los datos sobre riesgos e infraestructura deben estar disponibles (y ser asequibles) tanto para prestadores como para usuarios de servicios de infraestructura. Aunque ciertas inquietudes relacionadas con la privacidad y la seguridad pueden obligar a restringirlo, es preferible que el acceso a los datos sobre amenazas naturales e infraestructura sea abierto en forma predeterminada y que se creen procesos para restringir el acceso a datos que se consideren demasiado sensibles.

Acción 4.2: Tomar decisiones bien fundadas y minimizar el potencial de fallos con resultados catastróficos

El diseño de instalaciones o sistemas "óptimos" a menudo resulta imposible porque las incertidumbres son demasiadas. Una alternativa consiste en buscar diseños *sólidos* que den buenos resultados en una amplia gama de hipótesis, preferencias y visiones del mundo, aunque no sean óptimos para una hipótesis en particular. Los responsables de la toma de decisiones pueden identificar estrategias sólidas sometiendo a pruebas de resistencia sistemáticas las posibles opciones correspondientes a diversas amenazas —incluso las que son muy poco probables— y garantizar así que el riesgo residual sea aceptable y manejable. Estas pruebas de resistencia pueden ayudar a detectar oportunidades de bajo costo que sirvan para crear resiliencia frente a eventos de baja probabilidad y grandes impactos, así como para prevenir fallos con resultados catastróficos. También pueden contribuir al desarrollo de planes de contingencia para los prestadores de servicios y de planes de continuidad de las operaciones para los usuarios.

Acción 4.3: Desarrollar las capacidades necesarias para utilizar datos y modelos, y movilizar los conocimientos técnicos del sector privado

Aunque los datos y modelos de riesgo estén disponibles para quienes busquen mejorar la resiliencia de la infraestructura, su uso

apropiado requiere capacidades a las que no siempre se tiene acceso. Es necesario apoyar a las universidades y centros de investigación para que puedan ofrecer capacitación, desarrollar nuevas metodologías (o adaptarlas al contexto local) y asesorar a los responsables de políticas y de la toma de decisiones. Cuando los conocimientos especializados del sector público son insuficientes, se puede optar por buscar la participación del sector privado, ya sea a través de la contratación pública directa o de asociaciones público-privadas.

Recomendación 5: Proporcionar financiamiento

El quinto obstáculo tiene que ver con la asequibilidad y las limitaciones financieras. El aumento de la resiliencia puede incrementar varios elementos del costo del ciclo de vida útil de la infraestructura, incluidos los que sufragan el Gobierno o los entes reguladores, o los que asumen los proveedores de infraestructura (gráfico R.11).

A veces, estos costos pueden dar lugar a problemas *económicos* cuando la resiliencia aumenta el costo de todo el ciclo de vida útil de un activo o sistema. Entre las soluciones pueden figurar un aumento del financiamiento (mediante el incremento de impuestos, tasas para los usuarios o transferencias) o una compensación entre la resiliencia y la cantidad de servicios de infraestructura (por ejemplo, menos carreteras, pero más seguras). Sin embargo, es más frecuente que la mejora de la resiliencia de la infraestructura solo aumente los costos de diseño, construcción o mantenimiento, al tiempo que disminuyen otros, como los derivados de las reparaciones, de forma que el costo total del ciclo de vida útil de la infraestructura se reduce. El desafío en ese caso está asociado con el *financiamiento*, es decir, con la transformación de los ingresos o presupuestos anuales en los recursos necesarios para cada etapa del ciclo del proyecto de infraestructura, con las siguientes tres medidas prioritarias.

Acción 5.1: Proporcionar financiamiento adecuado para incluir evaluaciones de riesgos en los planes maestros y en el diseño inicial de los proyectos

Aunque cada año se invierten cientos de miles de millones de dólares en infraestructura, sigue siendo difícil movilizar recursos para la regulación del sector, los planes maestros que incorporan consideración de riesgos, la evaluación detallada de los riesgos de la infraestructura o el diseño de proyectos en etapas tempranas. Cuando los proyectos de infraestructura alcanzan la madurez, tienden a atraer más recursos, pero en esa fase ya se ha tomado la mayoría de las decisiones estratégicas y ya no se dispone de buena parte de las opciones de bajo costo para aumentar la resiliencia (como cambiar la ubicación de un activo o incluso la naturaleza del proyecto). El apoyo y el financiamiento de estas actividades son muy eficaces en función de los costos y tienen un gran efecto transformador, especialmente en los países más pobres, lo que las convierte en una prioridad para la ayuda y la cooperación internacionales (Banco Mundial, 2018). Ciertas organizaciones y servicios de preparación de proyectos especializados, como el Fondo Mundial para la Reducción de los Desastres y la Recuperación o el Mecanismo Mundial de Financiamiento de la Infraestructura, ya trabajan en estos ámbitos, pero sus esfuerzos siguen siendo limitados en comparación con la magnitud de las necesidades.

Acción 5.2: Elaborar una estrategia de protección financiera y planes de contingencia que abarquen la totalidad de la administración pública

Después de un desastre, los Gobiernos suelen verse obligados a recaudar una cantidad considerable de fondos para financiar medidas de

respuesta, recuperación y reconstrucción. Para ello se dispone de varios instrumentos, entre los que se incluyen fondos de reserva o reasignación presupuestaria, créditos contingentes o seguros o transferencias de riesgos. La elección de los instrumentos financieros está determinada por los riesgos que deben cubrirse, el costo del instrumento, la rapidez del desembolso y la transparencia y previsibilidad de los recursos (Clarke y Dercon, 2016, y Banco Mundial, 2017). Sin embargo, después de un desastre, la historia no acaba con la obtención de recursos financieros: igual de importante es la capacidad de hacerlos efectivos de manera eficaz y rápida allá donde se necesitan, incluidas las empresas y hogares que se han visto perjudicados por las interrupciones en la infraestructura, aunque no hayan sido afectados directamente por el desastre. Por consiguiente, los instrumentos financieros deben combinarse con planes de contingencia y mecanismos de ejecución flexibles, y basándose —en la medida de lo posible— en mecanismos como los sistemas de protección social existentes.

Acción 5.3: Promover la transparencia para informar mejor a los inversionistas y a los responsables de la toma de decisiones

Una forma de garantizar que los proyectos de infraestructura resiliente reciban un financiamiento adecuado es brindar información a los inversionistas y a los responsables de la toma de decisiones sobre los riesgos de los proyectos. Múltiples iniciativas internacionales, regionales y nacionales están tratando de hacer más transparentes los riesgos físicos asociados con las inversiones y los activos. Ejemplos de ello son los trabajos del Grupo de Trabajo sobre Divulgación de Información Financiera relacionada con el Clima, que recomienda que las empresas y los inversionistas informen sobre los riesgos físicos y la forma en que se gestionan. Para contribuir a esta tendencia, el Grupo Banco Mundial se ha comprometido a desarrollar un sistema de calificación de la resiliencia para informar a los inversionistas sobre la resiliencia de sus inversiones en infraestructura y ayudarlos a seleccionar los proyectos más resilientes.

En resumen, tal como ilustran estas cinco recomendaciones y 15 acciones (cuadro R.3), ninguna medida por sí sola hará que los sistemas de infraestructura sean resilientes. En cambio, los Gobiernos tendrán que definir y aplicar una estrategia coherente —en colaboración con todas las partes interesadas, como las empresas de servicios públicos, los inversionistas, las asociaciones empresariales y las organizaciones de ciudadanos— para hacer frente a los numerosos obstáculos que dificultan la creación de sistemas de infraestructura más resilientes. Una característica común de estas recomendaciones es que se centran en las primeras etapas del desarrollo del sistema de infraestructura: el diseño de regulaciones, la producción de datos sobre amenazas naturales y planes maestros, o las etapas iniciales del diseño de nuevos activos de infraestructura. En estas primeras etapas es cuando las pequeñas inversiones pueden mejorar significativamente la resiliencia general de los sistemas de infraestructura y generar enormes beneficios. En los países pobres, sin embargo, la movilización de recursos para invertir en estas acciones puede ser un desafío, lo que hace que el apoyo específico de la comunidad internacional sea necesario, transformador y altamente eficaz en función de los costos.

Aunque estas recomendaciones tienen por objeto incrementar la resiliencia de la infraestructura, la mayoría de ellas aborda las deficiencias derivadas de la actuación del mercado o del Gobierno, que son la causa no solo de una infraestructura menos resiliente, sino también menos eficiente, menos inclusiva y más costosa. Por ello, si se aplican estas medidas se contribuirá a la resiliencia de la infraestructura y, asimismo, a crear sociedades más productivas, convivenciales e inclusivas.

CUADRO R.3 Cinco recomendaciones para abordar los cinco obstáculos a la infraestructura resiliente

Obstáculo	Recomendación	Acciones
Mala gestión de los sistemas de infraestructura	Recomendación 1: Comenzar por lo básico	Acción 1.1: Instituir y aplicar regulaciones, códigos de construcción y normas de adquisiciones Acción 1.2: Crear sistemas para la operación, mantenimiento y respuesta adecuada de la infraestructura tras producirse incidentes Acción 1.3: Proveer recursos apropiados y financiamiento para la planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura
Desafíos de la economía política y fallas de coordinación	Recomendación 2: Crear instituciones para la resiliencia	Acción 2.1: Aplicar un enfoque orientado al conjunto de la administración pública en materia de resiliencia de la infraestructura, basándose en los sistemas regulatorios existentes Acción 2.2: Identificar las infraestructuras críticas y definir los niveles de riesgo aceptables e intolerables Acción 2.3: Garantizar el acceso equitativo a infraestructura resiliente
Incentivos distorsionados o inexistentes	Recomendación 3: Crear regulaciones e incentivos para la resiliencia	Acción 3.1: Considerar la inclusión de objetivos de resiliencia en los planes maestros, normas y regulaciones, y ajustarlos periódicamente para tener en cuenta el cambio climático Acción 3.2: Crear incentivos económicos para que los prestadores ofrezcan servicios de infraestructura resiliente Acción 3.3: Garantizar que las regulaciones de infraestructura sean coherentes con los planes de uso de la tierra con consideraciones de riesgos, y orientar el desarrollo hacia zonas más seguras
Falta de datos, modelos y capacidad	Recomendación 4: Mejorar la toma de decisiones	Acción 4.1: Invertir en datos de libre acceso sobre las amenazas naturales y el cambio climático Acción 4.2: Tomar decisiones bien fundadas y minimizar el potencial de fallos con resultados catastróficos Acción 4.3: Desarrollar las capacidades necesarias para utilizar datos y modelos, y movilizar los conocimientos técnicos del sector privado
Asequibilidad y limitaciones de financiamiento	Recomendación 5: Proporcionar financiamiento	Acción 5.1: Proporcionar financiamiento adecuado para incluir evaluaciones de riesgos en los planes maestros y en el diseño inicial de los proyectos Acción 5.2: Elaborar una estrategia de protección financiera y planes de contingencia que abarquen la totalidad de la administración pública Acción 5.3: Promover la transparencia para informar mejor a los inversionistas y a los responsables de la toma de decisiones

NOTES

1. En este informe, a menos que se indique lo contrario, todas las cantidades en dólares se refieren a dólares estadounidenses (USD).
2. El conjunto de datos abarca 137 países que representan el 80 % del PIB de los países de ingreso bajo y mediano, o el 32 % del PIB mundial. Debido a limitaciones en los datos, la cobertura exacta de los países varía según los distintos análisis. (Para más detalles consúltese el capítulo 2, y Braese, Rentschler y Hallegatte, 2019).
3. Las estimaciones que se resumen en este párrafo abarcan hasta 137 países de ingreso bajo y mediano, aunque la cobertura nacional exacta varía entre los sectores de infraestructura debido a limitaciones en los datos. Véase más información en el capítulo 3, y en Obolensky y otros, 2019.

BIBLIOGRAFÍA

Beck, M. W., I. J. Losada, P. Menéndez, B. G. Reguero, P. Díaz-Simal, and F. Fernández. 2018. "The Global Flood Protection Savings Provided by Coral Reefs." *Nature Communications* 9 (1): 2186. https://doi.org/10.1038/s41467-018-04568-z.

Braese, J., J. Rentschler, and S. Hallegatte. 2019. "Resilient Infrastructure for Thriving

Firms: A Review of the Evidence." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner, and L. Glenn-Marie. 2019. *Integrating Green and Gray—Creating the Next Generation Infrastructure.* Washington, DC: World Resources Institute.

Christopher, M., and H. Peck. 2004. "Building the Resilient Supply Chain." *International Journal of Logistics Management* 15 (2): 1–14. https://doi.org/10.1108/09574090410700275.

Clarke, D., and S. Dercon. 2016. *Dull Disasters? How Planning Ahead Will Make a Difference.* Oxford: Oxford University Press.

Colon, C., S. Hallegatte, and J. Rozenberg. 2019. "Transportation and Supply Chain Resilience in the United Republic of Tanzania." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Fay, M., I. L. Hyoung, H. Sungmin, M. Mastruzzi, and M. Cho. 2019. "Hitting the Trillion Mark: A Look at How Much Countries Are Spending on Infrastructure." Policy Research Working Paper 8730, World Bank, Washington, DC.

Hallegatte, S. 2013. "Modeling the Roles of Heterogeneity, Substitution, and Inventories in the Assessment of Natural Disaster Economic Costs." *Risk Analysis* 34 (1): 152–67. https://doi.org/10.1111/risa.12090.

Hallegatte, S., C. Fox, C. Nicolas, J. Rentschler, and J. Rozenberg. 2019. "Strengthening New Infrastructure Assets—A Cost-Benefit Analysis." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Hallegatte, S., and A. Vogt-Schilb. 2016. "Are Losses from Natural Disasters More Than Just Asset Losses? The Role of Capital Aggregation, Sector Interactions, and Investment Behaviors." Policy Research Working Paper 7885, World Bank, Washington, DC.

Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore, and J. Rozenberg. 2016. *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9.

Jeandron, A., J. M. Saidi, A. Kapama, M. Burhole, F. Birembano, T. Vandevelde, A. Gasparrini, B. Armstrong, S. Cairncross, and J. H. J. Ensink. 2015. "Water Supply Interruptions and Suspected Cholera Incidence: A Time-Series Regression in the Democratic Republic of the Congo." *PLOS Medicine* 12 (10): 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001893.

Kalra, N. S. Hallegatte, R. Lempert, C. Brown, A. Fozzard, S. Gill, and A. Shah. 2014. "Agreeing on Robust Decisions: New Processes for Decision Making under Deep Uncertainty." Policy Research Working Paper 6906, World Bank, Washington, DC. https://doi.org/doi:10.1596/1813-9450-6906.

Koks, E., J. Rozenberg, C. Zorn, M. Tariverdi, M. Vousdoukas, S. A. Fraser, J. Hall, and S. Hallegatte. 2019. "A Global Multi-Hazard Risk Analysis of Road and Railway Infrastructure Assets." *Nature Sustainability.*

Kornejew, M., J. Rentschler, and S. Hallegatte. 2019. "Well Spent: How Governance Determines the Effectiveness of Infrastructure Investments." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Lenz, L., A. Munyehirwe, J. Peters, and M. Sievert. 2017. "Does Large Scale Infrastructure Investment Alleviate Poverty? Impacts of Rwanda's Electricity Access Roll-Out Program #555." *World Development* 89 (January): 88–110.

Miyamoto International. 2019. "Overview of Engineering Options for Increasing Infrastructure Resilience." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Munich Re. 2019. "Natural Catastrophe Review 2018." Munich Re, January 8. https://www.munichre.com/en/media-relations/publications/press-releases/2019/2019-01-08-press-release/index.html.

National Research Council. 2000. *Watershed Management for Potable Water Supply: Assessing the New York City Strategy*. Washington, DC: National Academies Press.

Nicolas, C., J. Rentschler, A. Potter van Loon, S. Oguah, S. Schweikert, M. Deinert, E. Koks, C. Arderne, D. Cubas, J. Li, and E. Ichikawa.2019. "Stronger Power: Improving Power Sector Resilience to Natural Disasters." Sector note for this report, World Bank, Washington, DC.

Nicholls, R. J., J. Hinkel, D. Lincke, and T. van der Pol. 2019. "Global Investment Costs for Coastal Defense through the 21st Century." Policy Research Working Paper 8745, World Bank, Washington, DC. http://documents.worldbank.org/curated/en/433981550240622188/Global-Investment-Costs-for-Coastal-Defense-through-the-21st-Century.

Obolensky, M., A. Erman, J. Rozenberg, P. Avner, J. Rentschler, and S. Hallegatte. 2019. "Infrastructure Disruptions: Impacts on Households." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2019. *Good Governance for Critical Infrastructure Resilience.* OECD Review of Risk Management Practices. Paris: OECD.

Pardina, M. R., and J. Schiro. 2018. "Taking Stock of Economic Regulation of Power Utilities in the Developing World: A Literature Review." Policy Research Working Paper 8461, World Bank, Washington, DC. https://doi.org/10.1596/1813-9450-8461.

Renn, O. 2008. "White Paper on Risk Governance: Toward an Integrative Framework." In *Global Risk Governance*, edited by O. Renn and K. D. Walker, 3–73. Stuttgart: Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6799-0_1.

Rentschler, J., J. Braese, N. Jones, and P. Avner. 2019. "Three Feet Under: The Impacts of Flooding on Urban Jobs Connectivity, and Infrastructure." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obolensky, and J. Braese. 2019. "Underutilized Potential: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Rentschler, J., M. Obolensky, and M. Kornejew. 2019. "Candle in the Wind? Energy System Resilience to Natural Shocks." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Rose, A., G. Oladosu, and S. Y. Liao. 2007. "Business Interruption Impacts of a Terrorist Attack on the Electric Power System of Los Angeles: Customer Resilience to a Total Blackout." *Risk Analysis* 27 (3): 513–31. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2007.00912.x.

Rozenberg, J., X. Espinet Alegre, P. Avner, C. Fox, S. Hallegatte, E. Koks, J. Rentschler, and M. Tariverdi. 2019. "From a Rocky Road to a Smooth Sail: Building Transport Resilience to Natural Disasters." Sector note for this report, World Bank, Washington, DC.

Rozenberg, J., and M. Fay. 2019. *Beyond the Gap: How Countries Can Afford the Infrastructure They Need While Protecting the Planet.* Washington, DC: World Bank.

Rozenberg, J., C. Fox, M. Tariverdi, E. Koks, and S. Hallegatte. 2019. "Road Show: Comparing Road Network Resilience around the World." Background paper for this report, World Bank, Washington, DC.

Sandhu, H. S., and S. Raja. 2019. "No Broken Link: The Vulnerability of Telecommunication Infrastructure to Natural Hazards." Sector note for this report, World Bank, Washington, DC.

Sheffi, Y. 2005. *The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage.* Cambridge, MA: MIT Press.

Stip, C., Z. Mao, L. Bonzanigo, G. Browder and J. Tracy. 2019. "The Twin Role of Water Systems for Resilience." Sector note for this report, World Bank, Washington, DC.

Strahl, J., M. Bebrin, E. Paris, and D. Jones. 2016. "Beyond the Buzzwords: Making the Specific Case for Community Resilience Microgrids." ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC.

Swiss Re. 2019. "Preliminary Sigma Estimates for 2018: Global Insured Losses of USD 79 Billion Are Fourth Highest on Sigma Records." Swiss Re, December 18. https://www.swissre.com/media/news-releases/nr_20181218_sigma_estimates_for_2018.html.

Vallejo, L. and M. Mullan. 2017. "Climate-Resilient Infrastructure: Getting the Policies Right." OECD Environment Working Paper 121, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/02f74d61-en.

Walsh, B., and S. Hallegatte. 2019. "Measuring Natural Risks in the Philippines." Policy Research Working Paper 8723, World Bank, Washington, DC. https://doi.org/10.1596/1813-9450-8723.

Wiener, J. B., and M. D. Rogers. 2002. "Comparing Precaution in the United States and Europe." *Journal of Risk Research* 5 (4): 317–49. https://doi.org/10.1080/13669870210153684.

World Bank. 2013. *World Development Report 2014: Risk and Opportunity—Managing Risk for Development*. Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9903-3.

———. 2017. *Sovereign Catastrophe Risk Pools: World Bank Technical Contribution to the G20.* Washington, DC: World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28311.

———. 2018. "Strategic Use of Climate Finance to Maximize Climate Action: A Guiding Framework." World Bank, Washington, DC. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30475.

Zhang, F. 2019. *In the Dark: How Much Do Power Sector Distortions Cost South Asia?* Washington, DC: World Bank. https://doi.org/doi:10.1596/978-1-4648-1154-8.

LIFELINES

Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente

Los servicios de infraestructura contribuyen a nuestro bienestar y desarrollo de muchas maneras: pueden satisfacer las necesidades más básicas o facilitar ambiciosos emprendimientos en áreas como el comercio o la tecnología. Los servicios públicos tales como el agua, el saneamiento, la energía eléctrica, el transporte, y las telecomunicaciones se consideran universalmente esenciales para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

La calidad y la adecuación de los servicios de infraestructura, sin embargo, varía mucho de un país a otro. Miles de personas, especialmente en las ciudades de rápido crecimiento en países de ingreso bajo y mediano, se enfrentan a las consecuencias de una infraestructura precaria, a menudo a un costo considerable. La insuficiencia en el financiamiento y el escaso mantenimiento son algunos de los factores que dan lugar a redes eléctricas poco confiables, sistemas de agua y saneamiento inadecuados, y redes de transporte sobrecargadas. Las amenazas naturales, desde inundaciones y ciclones, hasta terremotos y derrumbes, son un desafío para la fragilidad de estas redes de servicios.

En este informe, *Lifelines: Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente*, se examina la resiliencia de la infraestructura, es decir, la capacidad que ésta tiene para proporcionar los servicios que necesitan los usuarios durante y después de enfrentar una amenaza natural.

A partir de una amplia gama de estudios de casos, análisis empíricos globales y ejercicios de modelización, este informe proporciona una estimación del impacto de los riesgos naturales en la infraestructura, considerando no solo los costos de reparación y reconstrucción. sino también el efecto sobre los usuarios, desde los hogares hasta las cadenas de suministro internacionales.

El informe recopila las opciones técnicas disponibles para fortalecer la infraestructura, incluidas las intervenciones en todas las redes y sistemas y las acciones para mejorar la capacidad de los usuarios para hacer frente a las interrupciones de los servicios. Así mismo, el informe demuestra el valor económico de construir una infraestructura más resiliente, a partir de los costos y beneficios de estas intervenciones.

Este informe concluye con cinco recomendaciones concretas para hacer que la infraestructura sea más resiliente mediante una serie de acciones que pueden ser implementadas por los gobiernos, operadores, constructores o usuarios de infraestructura así como por la comunidad internacional. Estas acciones pueden mejorar la calidad de la infraestructura y, por lo tanto, contribuir a crear sociedades más resilientes y también más prósperas.

GRUPO BANCO MUNDIAL

GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery

SKU 33323