

ORIGINAL: ESPAÑOL

El documento reproducido en esta publicación es de:  
CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2003.

Manual para la evaluación del impacto  
socioeconómico y ambiental de los desastres  
LC/MEX/G.5  
LC/L.1874

Copyright © Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (El Banco Mundial), 2003.

Este material será reproducido para investigación, educación y propósitos académicos para los países miembros de ambas instituciones. El material está sujeto a revisión. Las opiniones e interpretaciones incluidas en este documento son exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones.

# Í N D I C E

---

## **TOMO I**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	v
---------------------------	---

### **PRIMERA PARTE**

ASPECTOS METODOLÓGICOS Y CONCEPTUALES .....	1
---	---

### **SEGUNDA PARTE**

SECTORES SOCIALES .....	29
I. Población afectada .....	29
II. Vivienda y asentamientos humanos .....	67
III. Educación y cultura .....	85
IV. Salud .....	102

## **TOMO II**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	v
---------------------------	---

### **TERCERA PARTE**

INFRAESTRUCTURA .....	1
I. Energía .....	1
II. Agua potable y saneamiento .....	18
III. Transporte y comunicaciones .....	43

## **TOMO III**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	v
---------------------------	---

### **CUARTA PARTE**

SECTORES ECONÓMICOS .....	1
I. Agropecuario .....	1
II. Industria y comercio .....	31
III. Turismo .....	52

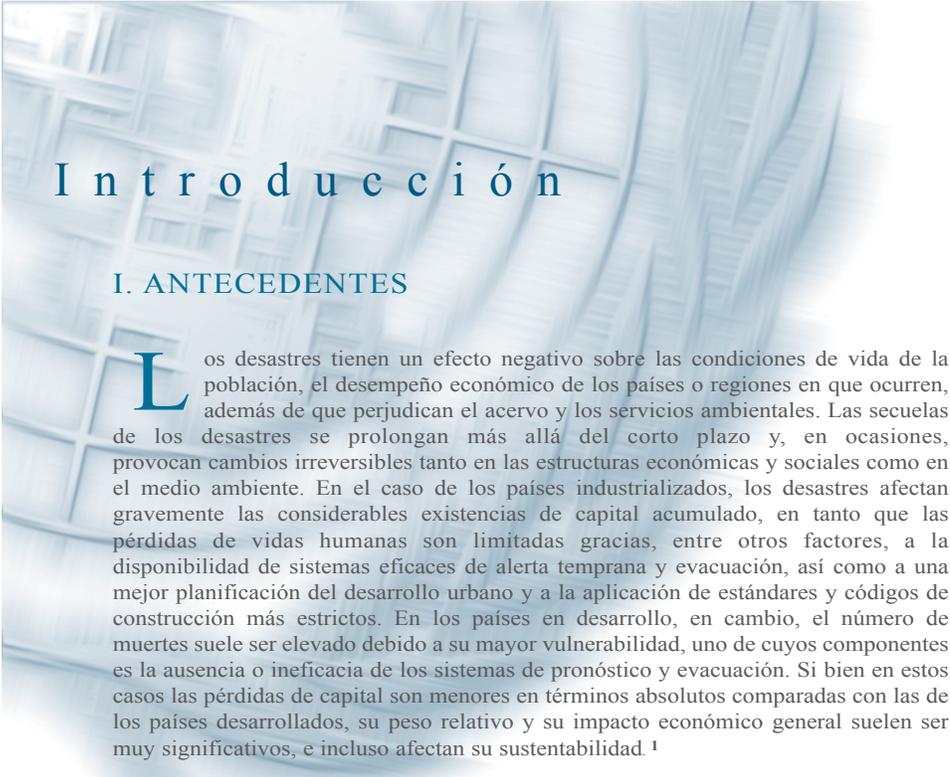
## **TOMO IV**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	v
---------------------------	---

### **QUINTA PARTE**

EFECTOS GLOBALES DE LOS DAÑOS .....	1
I. Medio ambiente .....	1
II. Impacto de los desastres sobre las mujeres .....	45
III. Recapitulación de los daños .....	57
IV. Efectos macroeconómicos de los daños .....	71
V. Empleo e ingresos .....	110





# Introducción

## I. ANTECEDENTES

Los desastres tienen un efecto negativo sobre las condiciones de vida de la población, el desempeño económico de los países o regiones en que ocurren, además de que perjudican el acervo y los servicios ambientales. Las secuelas de los desastres se prolongan más allá del corto plazo y, en ocasiones, provocan cambios irreversibles tanto en las estructuras económicas y sociales como en el medio ambiente. En el caso de los países industrializados, los desastres afectan gravemente las considerables existencias de capital acumulado, en tanto que las pérdidas de vidas humanas son limitadas gracias, entre otros factores, a la disponibilidad de sistemas eficaces de alerta temprana y evacuación, así como a una mejor planificación del desarrollo urbano y a la aplicación de estándares y códigos de construcción más estrictos. En los países en desarrollo, en cambio, el número de muertes suele ser elevado debido a su mayor vulnerabilidad, uno de cuyos componentes es la ausencia o ineficacia de los sistemas de pronóstico y evacuación. Si bien en estos casos las pérdidas de capital son menores en términos absolutos comparadas con las de los países desarrollados, su peso relativo y su impacto económico general suelen ser muy significativos, e incluso afectan su sustentabilidad.<sup>1</sup>

Los desastres pueden ser de origen natural o antrópico, pero sus consecuencias reflejan la combinación de ambos procesos, es decir, de la interacción del ser humano con la naturaleza y de los ciclos o sistemas propios de ésta. La ocurrencia de desastres no sólo es muy frecuente en todo el mundo, sino que parecería que su incidencia e intensidad se han incrementado en años recientes. Las estimaciones realizadas por misiones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) indican que en las últimas tres décadas más de 150 millones de habitantes de la región han sido afectados por los desastres y que en el mismo período habrían perecido más de 108 000 personas y se habrían generado 12 millones de damnificados directos. Por otra parte, el monto total de los daños acumulados —sin que la estimación sea exhaustiva para toda la región— ascendería a más de 50 000 millones de dólares de 1998, pérdidas que se concentran en los países de menor tamaño y desarrollo relativo, particularmente en el área Andina, Centroamérica y el Caribe.<sup>2</sup> El gráfico 1 ilustra los efectos de los desastres evaluados en el cuatrienio 1998-2001.

---

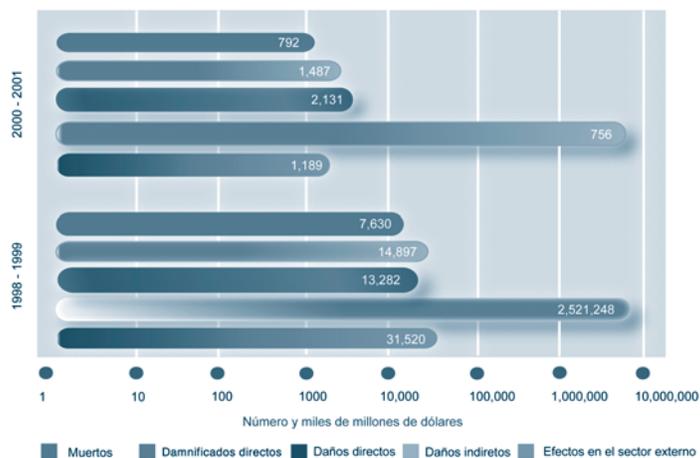
<sup>1</sup> Jovel, Roberto (1989), "Los desastres naturales y su incidencia económico-social", en la *Revista de la CEPAL* No. 38, Santiago de Chile.

<sup>2</sup> Al respecto, véase, por ejemplo, CEPAL y BID (2000), *Un tema de desarrollo: La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres*, México y Washington.

Las estadísticas mundiales muestran que los desastres causan daños socialmente más significativos y en ocasiones irreversibles en los países en desarrollo, al concentrarse y afectar en mayor medida a los grupos de población más pobres y vulnerables. En el mundo desarrollado, en contraposición, gracias a la disponibilidad de recursos y tecnología, en el curso de los años se ha logrado un creciente y sustancial grado de protección contra desastres mediante la introducción de medidas efectivas de prevención, mitigación y planificación, junto con sistemas de reducción de la vulnerabilidad. Sin embargo, incluso en estos países los daños se han incrementado enormemente como resultado de la mayor densidad y el valor de las actividades desarrolladas por la sociedad.

En el caso de América Latina y el Caribe se han logrado algunos progresos en el campo de la planificación, prevención y mitigación, aunque amplios segmentos de la población todavía viven en condiciones precarias y de alta vulnerabilidad. En este sentido, se debe tener en cuenta que la mayoría de los países de la región se distribuyen en áreas propensas a la incidencia de fenómenos naturales tanto de origen hidrometeorológico como geológico. A ello obedece la conocida secuela de pérdidas de vidas humanas, fuerte daño a la infraestructura física y social, peor desempeño económico y deterioro ambiental en la región.

**Gráfico 1**  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: EFECTOS DE DESASTRES (1998-2001)**



vi

Los desastres pueden tener muchos efectos negativos: daños a la infraestructura económica y social, alteraciones ambientales, cambios en las prioridades de desarrollo —incluso, para poder reponer los acervos perdidos, a menudo se relegan proyectos que pretenden resolver carencias de larga data—, desequilibrios fiscales y del sector externo, incremento de precios y modificaciones en la estructura demográfica.

No obstante, el impacto más comprometedor es, sin duda, el deterioro de las condiciones de vida de la población, especialmente entre los estratos más pobres y vulnerables, como se mencionó anteriormente. Además, con frecuencia creciente los desastres no sólo afectan a la comunidad o el país donde ocurre el desastre, sino que sus consecuencias también se resienten en países vecinos o más distantes, a través de movimientos migratorios inesperados, transmisión de enfermedades, reducción de intercambios comerciales, o bien por alteraciones ambientales que se extienden más allá de las fronteras.

Las acciones para reducir los efectos a largo plazo de los desastres se deben enfocar en dos frentes paralelos. En primer lugar, en previsión de un evento desastroso, la asignación de recursos para la prevención y mitigación del impacto como parte integral de una estrategia de desarrollo económico y social. Hay que considerar tales recursos como una inversión de alto retorno —en términos económicos, sociales y políticos— indispensable para asegurar el crecimiento en el largo plazo. En segundo lugar, una vez ocurrido un desastre, es imprescindible asegurarse de que las inversiones destinadas a la reconstrucción sean empleadas con miras a una reducción de la vulnerabilidad que garantice un desarrollo sostenible.

Cuando se produce un desastre, los encargados de evaluar los requerimientos para satisfacer las necesidades humanitarias durante la fase de emergencia son normalmente las entidades nacionales de emergencia, con el apoyo del Sistema de las Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales públicas y privadas. Actualmente es una práctica habitual que la comunidad o país afectado emprenda las acciones más urgentes para satisfacer las necesidades humanitarias que surgen de la emergencia. Además, países amigos y organizaciones internacionales —tanto directamente como a través de ONG— rápidamente proporcionan asistencia adicional. Los agentes privados y públicos participan en este esfuerzo, junto con muchas ONG o de asistencia social locales, regionales e internacionales.

vii

Aun así, la reconstrucción de los activos destruidos o dañados normalmente requiere recursos más allá de los disponibles durante la fase de emergencia o asistencia humanitaria, o inclusive de aquellos al alcance de los países afectados. Luego, en muchos casos la reconstrucción se lleva a cabo sin que se reduzca la vulnerabilidad. Dicho de una manera directa, la vulnerabilidad se reconstruye en vez de aminorarse.

A fin de evitar esta situación, inmediatamente después de superar la fase de emergencia, se debe practicar una evaluación de los efectos directos e indirectos del evento, así como de sus consecuencias para el bienestar social y el desempeño económico del país o la región afectada. Esta evaluación no debe necesariamente ser precisa en términos de cuantificación, pero sí es exigible que sea lo más completa posible en el sentido de abarcar el conjunto de efectos y su impacto sobre los diferentes sectores económicos y sociales, la infraestructura física y los acervos ambientales. Mediante tales estimaciones será posible determinar el monto necesario para la reconstrucción, tarea urgente ya que los afectados no pueden esperar mucho tiempo en las condiciones que suelen privar después del desastre.

Sin ese ejercicio es imposible definir y poner en práctica los programas y proyectos de reconstrucción, muchos de los cuales exigen la cooperación técnica y financiera internacional. Los programas y proyectos de reconstrucción deben diseñarse en el marco de una estrategia de mitigación y prevención como parte del proceso de desarrollo, si se pretende asegurar la reducción de la vulnerabilidad después del desastre.

Con ese propósito, se hace necesario un conjunto de herramientas de diagnóstico para medir la naturaleza y el monto de las pérdidas causadas por los diferentes tipos de desastre. En tal sentido, es aún reducido el número de metodologías útiles para la medición de los efectos sociales, económicos y ambientales de los desastres.

Apoyándose en la larga experiencia obtenida a partir de los años setenta en la evaluación de los principales desastres acaecidos en América Latina y el Caribe, la CEPAL desarrolló una metodología para la evaluación de los daños y las pérdidas causados por estos eventos, la cual se basa en el desarrollo y la ampliación de los conceptos presentados una década atrás por parte de la Oficina del Coordinador de la Ayuda en casos de Emergencia (UNDRO).<sup>3</sup>

viii

La metodología publicada entonces por la CEPAL permitió determinar los efectos de los desastres de origen natural, aunque también es aplicable a los de origen antrópico, como en el caso de ciertos conflictos armados en Centroamérica. En el manual de la CEPAL los efectos de los desastres se evalúan tanto en el nivel sectorial como el global, a la vez que se mide la capacidad del país o la región afectada para acometer la reconstrucción, así como se determinan los requerimientos de cooperación internacional para ésta. Por cierto, esta tarea está condicionada por la situación de insuficiente información cuantitativa confiable que prevalece en América Latina y el Caribe, cuya disponibilidad es aun más limitada tras un evento desastroso. Asimismo, el manual publicado en aquella ocasión no permitía estimar los daños sobre ciertos sectores económicos y sociales, el medio ambiente y grupos específicos de población.

Por esa razón, a partir de la evaluación de numerosos casos de desastre padecidos en la década de los noventa, y sobre la base de desarrollar nuevos conceptos complementarios, se presenta ahora una versión revisada y ampliada del mencionado manual, que se beneficia también del concurso y las aportaciones de distinguidos expertos y consultores latinoamericanos y caribeños, así como de otras regiones del mundo.

---

<sup>3</sup> CEPAL (1991), *Manual para la estimación de los efectos socioeconómicos de los desastres naturales*, Santiago de Chile; UNDRO (1979), *Prevención y mitigación de desastres: Compendio de los conocimientos actuales*, Volumen 7, Aspectos económicos, Nueva York, Naciones Unidas.

En esta nueva versión se ha revisado y refinado la metodología para la evaluación de daños en varios sectores que ya aparecían en la publicación de 1991. Además, se incorporan nuevos y significativos cambios. En este sentido, ha sido relevante incluir temas transversales a todos los sectores (como el medio ambiente, el empleo y el ingreso), y ponderar los efectos diferenciales en las mujeres, cuya acción es esencial durante la reconstrucción y en la mitigación de futuros impactos de desastres. Se propone también el uso de los nuevos instrumentos disponibles para este tipo de análisis, en particular las bases de datos accesibles por Internet, el uso de sensores remotos y la sistematización de información georreferenciada. Por otra parte, se apuntan algunas de las dificultades analíticas asociadas al rezago en la compilación de información suficientemente desagregada —por ejemplo, por sexo, por grupos de ingreso o por zonas geográficas o políticas de un país— o la inexistencia de "líneas de base" que definan las situaciones "normales" antes de un desastre (diagnósticos de situación ambiental, indicadores de desarrollo humano y del tejido social).

## I I . C O N T E N I D O

En esta nueva versión del Manual de la CEPAL se describe la metodología para realizar la evaluación de los efectos económicos, sociales y ambientales de los desastres, que se clasifican en daños directos e indirectos, y en efectos macroeconómicos y globales. El manual no se ocupa de describir el origen de los desastres ni las acciones emprendidas durante la fase de la emergencia o asistencia humanitaria, por cuanto ello cae dentro de la esfera de acción de otros organismos y entidades. Se considera que esta segunda versión representa el avance de un esfuerzo inconcluso que continuará enriqueciéndose con la experiencia y los aportes de los usuarios del propio manual al aplicarlo a situaciones concretas, siempre cambiantes y novedosas.

ix

El manual aborda los aspectos conceptuales y metodológicos para la medición de los daños que el desastre ocasiona en los acervos de capital y los flujos de producción de bienes y servicios, además de estimar los efectos temporales que pueden generarse en las principales variables macroeconómicas. Se incluye en esta ocasión los daños y efectos sobre las condiciones de vida, el desempeño de las economías y el medio ambiente.

El manual es una herramienta que ayuda a los interesados en la identificación y cuantificación de los daños de un desastre, mediante una metodología uniforme y coherente ya probada a lo largo de tres décadas de aplicación. Asimismo, se brindan los elementos necesarios para identificar aquellos sectores sociales, económicos y ambientales, así como las regiones geográficas que han resultado más afectados y que exigen atención prioritaria en la fase de la reconstrucción. El grado de desagregación de los daños que se pueda alcanzar aplicando el manual dependerá, sin embargo, de la disponibilidad de información cuantitativa que exista en el país o región afectada. La metodología presentada posibilita evaluar los daños ocasionados por todo tipo de

desastres, sean éstos de origen natural o antrópico, intempestivos o de largo período de gestación. La aplicación de la metodología ayuda también a determinar si se dispone localmente de la capacidad suficiente para enfrentar las tareas de la reconstrucción exclusivamente con recursos propios o si, por el contrario, se requerirá el concurso de la cooperación internacional.

Si bien este manual proporciona la metodología para evaluar diferentes tipos de situación, no se pretende que sea exhaustiva. Se espera, sin embargo, que los conceptos y ejemplos expuestos permitan al analista disponer de las herramientas indispensables para examinar casos no necesariamente explicitados.

El manual se divide en cinco secciones. La primera se refiere a los aspectos conceptuales y metodológicos generales de las evaluaciones. La segunda sección describe los métodos para la estimación de los daños y las pérdidas en los sectores sociales, y se divide en los capítulos de vivienda y asentamientos humanos, educación y cultura, y salud. La tercera sección se concentra en la infraestructura de servicios, desglosados en acápite de transporte y comunicaciones, energía, agua y saneamiento. La cuarta sección trata sobre los daños y las pérdidas entre sectores productivos y se separa en títulos que abordan los sectores agropecuario y pesquero, industrial, comercial y turístico. La quinta sección se enfoca en los efectos globales, efectos transversales a distintos sectores y efectos macroeconómicos, y se expone en capítulos dedicados a los daños ambientales, el efecto diferencial de los desastres entre las mujeres, el empleo y el ingreso; se presenta una recapitulación de los daños que proporciona un procedimiento para la agregación de los daños directos e indirectos totales y para la medición de los efectos sobre los principales agregados macroeconómicos.

x

La recapitulación es de especial relevancia ya que, al expresar el daño total en comparación con el tamaño de la economía u otras variables generales, permite dimensionar la magnitud del desastre y sus impactos globales. El análisis para medir los efectos del desastre sobre el posible comportamiento de las principales variables o indicadores macroeconómicos se refiere a un período de tiempo futuro que varía entre uno y dos años posteriores al evento, pero que puede ampliarse —dependiendo de la magnitud del daño— hasta cinco años.

Además del marco conceptual descrito en cada capítulo, también se incluyen, como anexos a cada sector, ejemplos prácticos de casos reales analizados por la Secretaría de la CEPAL. Se ha procurado, en la medida de lo posible, que los ejemplos reflejen tanto la variedad de eventos (climáticos, geológicos, de corta duración y de desarrollo lento, susceptibles de alerta temprana y prevención o súbitos) como la diversa composición de los daños y su peso relativo. Se ha intentado reflejar las experiencias de países geográficamente diversos, y en condiciones especiales de vulnerabilidad, como las que se enfrentan en los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID). Asimismo se abordan eventos recurrentes o estacionales y fenómenos con ciclos de incidencia más largos o menos previsible.

El manual se presenta en un formato de fácil manejo para aquellas personas especializadas en la evaluación de sectores específicos, ya que cada uno de éstos aparece de forma separada y acompañado por los aspectos conceptuales que le son propios. El manual estará disponible en formato electrónico de CD-ROM, que adicionalmente incluye ejemplos de evaluaciones de casos llevadas a cabo recientemente usando la metodología revisada, y también se puede obtener en la página web de la CEPAL. Se confía en que esta segunda versión será no sólo más completa sino más "amigable" para el usuario.

Se espera que sus lectores y usuarios aporten su experiencia para enriquecerlo y mejorarlo en futuras ediciones. Se propone asimismo usarlo como herramienta de capacitación e instrumento de difusión en procesos de educación sobre riesgos y para la promoción de una mayor cultura de la prevención.

### III. EL MOMENTO MÁS ADECUADO PARA LLEVAR A CABO LA EVALUACIÓN

xi

No es posible definir ni generalizar de antemano la ocasión que ameritaría el uso de la presente metodología para realizar una evaluación, pues ello dependerá de cada caso en función del tipo de fenómeno que origina el desastre, su magnitud y su alcance geográfico. En general, la experiencia indica que no conviene iniciar una evaluación sino hasta que ya esté bien avanzada la fase de atención de la emergencia, tanto para no interferir con las actividades de rescate y salvamento como para asegurar la disponibilidad de suficiente información cuantitativa sobre los daños y efectos (directos, indirectos y macroeconómicos). Dado que siempre se requiere el concurso del personal sustantivo nacional y de las zonas afectadas como contraparte del equipo evaluador, deberá fijarse el momento para iniciar la evaluación cuando tales contrapartes ya no estén involucradas en las labores de socorro y ayuda humanitaria o, como suele ocurrir, no estén ellas mismas o sus familias en condición de damnificadas.

No obstante, tampoco es recomendable demorarse excesivamente en dar inicio a la evaluación, ya que los resultados que arroje podrían ser determinantes para concitar el apoyo interno y externo en las labores de reconstrucción. Al respecto, tómese en cuenta que la atención de la comunidad internacional podría desviarse hacia otras catástrofes que ocurrieran en otra parte del mundo con posterioridad al desastre en referencia, restando así posibilidades de cooperación para la reconstrucción en este último.

Tampoco se puede definir de antemano el orden y la secuencia de los temas que habrán de abordarse en cada una de las evaluaciones, por cuanto ello depende del tipo y la magnitud del evento de que se trate. Aun así, en términos generales, el análisis suele iniciar con una apreciación de la magnitud de la población que ha sido impactada; luego se definen los diversos grados de afectación, procurando visualizar el impacto diferencial entre hombres y mujeres, así como los aportes de unos y otras durante la emergencia y los procesos de rehabilitación y reconstrucción. A continuación se identifican y analizan los daños y efectos sufridos por los diferentes sectores sociales en lo que respecta a vivienda y asentamientos humanos, educación y cultura, y salud, destacando la situación de los grupos más vulnerables. En seguida se abordan los sectores económicos —agropecuario y pesquero, industrial y comercial—, así como servicios e infraestructura. El análisis de los efectos del desastre sobre el patrimonio y los servicios ambientales puede emprenderse de manera simultánea.

El desglose y la profundidad con que se realiza el análisis —como puede observarse en los más recientes documentos elaborados por la Secretaría de la CEPAL— depende del tipo de fenómeno y de la disponibilidad de información para estimar los daños y pérdidas. Así, en algunos casos resulta recomendable efectuar un recuento pormenorizado de los daños y efectos que abarque a los grupos vulnerables, las municipalidades y las comunidades locales afectadas dentro de un país.

## xii IV. RECONOCIMIENTOS

El Gobierno de Italia —que ya había hecho posible la primera versión publicada en 1991— proporcionó apoyo financiero para esta segunda versión del manual. Del gobierno de los Países Bajos también se recibió apoyo adicional, canalizado a través de su programa de cooperación técnica con la CEPAL.

Adicionalmente, se dispuso de la cooperación técnica de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) para la preparación de los capítulos sobre salud, agua y saneamiento, así como de la Secretaría Técnica de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), orientada especialmente a los temas de su competencia.

El Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se mantuvieron cercanos durante la elaboración de la versión revisada del manual, el cual enriquecieron en las reuniones de revisión con valiosos comentarios. Además el Banco Mundial suministró insumos y apoyo financiero para la revisión de este Manual. Los recursos adicionales para este esfuerzo fueron aportados bajo la cobertura del *ProVention Consortium*, con el apoyo del Ministerio de Relaciones Exteriores del Gobierno del Reino de Noruega y de la Secretaría para el Desarrollo Internacional del Gobierno del Reino Unido a través de su Departamento de Conflictos y Asuntos Humanitarios.

La CEPAL agradece profundamente este apoyo y reconoce también lo valioso que fue para este ejercicio la interacción con numerosos funcionarios, académicos y personas en general que en el curso de las misiones de evaluación realizadas en países de la región emitieron opiniones y aportaron sus conocimientos para mejorar y perfeccionar el trabajo.

## V. AUTORÍA

La CEPAL encargó a Ricardo Zapata Martí, funcionario de la Sede Subregional en México, se ocupase de dirigir la elaboración de esta versión del Manual. Roberto Jovel, responsable de dirigir la elaboración de la primera versión, fue contratado como consultor externo para orientar y supervisar la actual, así como para redactar algunas secciones.

Las siguientes personas –pertenecientes a la planta permanente y en un esfuerzo de colaboración interdivisional de la CEPAL o fungiendo como consultores (externos o de alguna organización)– tuvieron a su cargo la elaboración de las diversas secciones del manual:

*Población afectada:* Jose Miguel Guzmán con el apoyo del Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE), Alejandra Silva, Serge Poulard, y Roberto Jovel.

*Educación y cultura:* Teresa Guevara consultora de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

*Salud:* Marcel Clodión consultor de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) y Claudio Osorio (OPS/OMS).

*Vivienda y asentamientos humanos:* Daniela Simioni, de la División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos (DMAAH) de la CEPAL, con el apoyo de Mauricio Faciolince, Ricardo Bascuñan y Silvio Griguolo (consultores).

xiii

*Energía:* Roberto Jovel, con base en el trabajo previo de Ricardo Arosamena (consultor).

*Agua y saneamiento:* Claudio Osorio (OPS/OMS).

*Transporte y comunicaciones:* Ian Thomson Jefe de la Unidad de Transportes de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL, con la colaboración de David Smith (consultor).

*Sector agropecuario y pesca:* Antonio Tapia (consultor), con apoyo de Roberto Jovel.

*Industria y comercio:* Daniel Bitrán consultor y funcionario del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) de México.

*Turismo:* Françoise Carner (consultora), José Javier Gómez (DMAAH) y Erik Blommestein, de la Sede Subregional de la CEPAL para el Caribe, Puerto España, Trinidad y Tabago.

*Medio ambiente:* José Javier Gómez (DMAAH), Erik Blommestein, Roberto Jovel, Alfonso Mata, Cesare Dosi, con contribuciones de David Smith, Leonard Nurse e Ivor Jackson (consultores).

*Impacto sobre las mujeres:* Roberto Jovel, con base en el informe elaborado por Angeles Arenas (consultora) y con contribuciones de Asha Kambon y Roberta Clarke de la Sede Subregional de la CEPAL para el Caribe, Puerto España, Trinidad y Tabago, así como de Sarah Bradshaw y Fredericka Deare (consultoras).

*Recapitulación de los daños:* Roberto Jovel.

*Efectos macroeconómicos:* Ricardo Zapata y René Hernández, de la Sede Subregional de la CEPAL en México.

Las siguientes personas de la CEPAL leyeron el borrador del documento y proporcionaron valiosas sugerencias que han permitido el enriquecimiento del manual:

Nieves Rico, Unidad Mujer y Desarrollo (Sede Chile), Pilar Vidal, Unidad Mujer y Desarrollo (Sede Subregional México), Esteban Pérez, (Sede Subregional para el Caribe, Puerto España, Trinidad y Tabago).

# Tercera Parte

## Infraestructura

### I. ENERGÍA

#### A. INTRODUCCIÓN



Como en los demás sectores, los daños en el sector eléctrico se presentan agrupados en directos e indirectos, lo cual facilita el análisis de los efectos macroeconómicos. Los primeros se refieren al daño o destrucción que sufren las obras de infraestructura física, así como los inventarios disponibles durante la ocurrencia del desastre; los indirectos incluyen, por una parte, los costos de suplir la demanda de electricidad durante el período de rehabilitación y, por la otra, los ingresos netos o utilidades que se dejaron de percibir en dicho período, que a su vez sirven, junto con otros efectos, para evaluar las implicaciones macroeconómicas globales.

En lo que concierne a la infraestructura dañada se deberán considerar los costos de reparación y/o reconstrucción para que las instalaciones recuperen su capacidad operativa previa al desastre. Como en otros sectores, aquí se plantea también la disyuntiva de si la capacidad operativa reemplazada debe corresponder a condiciones iguales a las que tenía antes del siniestro o si se deberían considerar las especificaciones normales de eficiencia y seguridad para este tipo de instalaciones al momento de ser reparadas o reconstruidas. De hecho, se hace esto último cuando hay que rehacer o reponer obras y equipos que quedaron en estado inservible. Como se ha expresado repetidamente, el criterio de valorización a costo de reposición actual —que incorpora los adelantos técnicos que hayan tenido lugar— proporcionará resultados más representativos del costo de los trabajos que se tendrán que realizar en la práctica y de los recursos financieros que se requerirán.

Cabe mencionar que la estimación de costos debe incluir una apreciación del período de tiempo que se necesitará para la realización de las obras, el que servirá a su vez de base para la cuantificación de los costos para suplir las demandas transitorias, como se explica más adelante en el acápite sobre daños indirectos.

La estimación de las existencias de equipos, materiales y materias primas afectados o destruidos por el desastre resulta mucho más sencilla si se basa en los costos de reposición de acuerdo con los precios de mercado vigentes. De no haber productos iguales disponibles al momento de la evaluación, se utilizarán los más similares.

La cuantificación de los daños indirectos resulta de mayor complejidad dado que por lo regular se basa en estimaciones. Por una parte, se debe proyectar el comportamiento de la demanda y la oferta durante el período de rehabilitación, y por la otra, contrastar los resultados financieros que se alcanzarán realmente en dicho período con aquellos que se hubiesen obtenido de no haber ocurrido el desastre. En la proyección de lo que ocurrirá "después del desastre" se tendrá seguramente una magnitud menor que la prevista de no haber ocurrido éste, ya que consumidores importantes ven reducidas sus necesidades o su poder de compra. También, aunque con menor probabilidad, se puede producir un incremento sobre la demanda normal cuando se requiera energía en cantidades extraordinarias para los trabajos de rehabilitación. De hecho, ambas situaciones pueden darse paralelamente, en cuyo caso es necesario realizar una cuantificación de los resultados netos.

Una vez establecida la demanda después del desastre —que puede ser igual, menor o mayor que la normal—, se procederá a identificar los medios para suplirla adecuadamente. Como criterio general se considerará que la provisión de energéticos requerida se hará con el objeto de lograr resultados oportunos y confiables. Luego se estimarán los costos de capital y de operación, estos últimos calculados con base en la duración del período requerido para la rehabilitación de las instalaciones. Los costos de capital cubren básicamente la adquisición de equipos; los de operación, gastos en mano de obra y materiales. Cabe mencionar que en el renglón de personal se deberán incluir los pagos al personal de planta que ha quedado temporalmente cesante por diversas causas atribuibles al siniestro.

## 2

Finalmente, se hará la estimación de los daños indirectos. Para ello se estimarán, en primer lugar, los ingresos netos que se podrán obtener durante el período requerido para la rehabilitación. Al respecto se restarán de los ingresos estimados por ventas de energía en el período de rehabilitación posterior al desastre, los costos del suministro provisional antes comentado, además de los costos normales correspondientes a la operación de la empresa durante ese lapso. Cabe mencionar que el ingreso neto anterior puede resultar negativo en mayor o menor medida en función del poder de compra que tendrán los consumidores permanentes después del desastre. En segundo lugar, se estimarán los ingresos netos que se hubiesen obtenido de no haber ocurrido el siniestro, restando los costos totales de los ingresos brutos, al igual que para la alternativa anterior. Esta información suele estar disponible en los registros de los departamentos de programación a corto y mediano plazo de las empresas que manejan el sector. La diferencia algebraica —aplicable en casos de ingreso real negativo— entre los dos ingresos netos anteriores representaría el monto de los daños indirectos totales. Cabe recalcar que en dichos daños estarían debidamente considerados los costos adicionales de suministro temporal así como los ingresos que se dejaron de percibir por causa del desastre.

Las estimaciones anteriores sobre costos por concepto de daños directos e indirectos se desglosarán, por una parte, en sus componentes en moneda local y extranjera para los cálculos globales sobre balanza de pagos. Por la otra, se dividirán en los correspondientes al sector público y a las empresas privadas, con miras a su uso en la estimación de las cuentas nacionales para el cálculo de los efectos macroeconómicos.

A continuación se describe por separado la metodología de evaluación aplicable a los sectores de electricidad y petróleo.

## B. SECTOR ELECTRICIDAD

### 1. Daños directos

Los daños directos en el sector eléctrico se presentan agrupados en tres grandes categorías: obras de generación, sistemas de transmisión y distribución, y centros de despacho.

#### a) Obras de generación

La generación de energía eléctrica comprende, por una parte, los complejos hidroeléctricos y geotérmicos y, por la otra, las centrales térmicas convencionales a vapor, diesel y gas. Para los propósitos de este manual se considerarán en primer término las obras civiles para la concentración de la energía hidráulica y geotérmica correspondientes a dichos tipos de generación —en vista de sus características especiales— y, en segundo lugar, las propias centrales generadoras donde se hallan los equipos para la transformación de la energía primaria en electricidad.

En lo que concierne a la generación hidroeléctrica, el manejo del recurso hídrico puede incluir toda una gama de obras tales como presas de derivación y almacenamiento, canales, túneles, tanques de oscilación, tuberías forzadas, etc. Al respecto debe tenerse presente que los daños a estas instalaciones deberán ser subsanados en forma tal que se recupere el control sobre los caudales de agua requeridos para la generación de electricidad, dado que, de otra manera, la central permanecerá sin operar, con la consiguiente pérdida para el sistema en su conjunto. Con frecuencia las obras en referencia se encuentran alejadas de las vías principales de comunicación y su acceso puede resultar difícil, al menos en ciertas épocas del año. En dicho caso se deberán considerar dentro de los efectos directos los costos adicionales para proveer las vías de comunicación (que, para evitar doble contabilidad, no deberían incluirse en el daño cuantificado por el sector de transporte).

3

Para la evaluación de los costos de rehabilitación y/o reconstrucción de las instalaciones afectadas se requerirá, en primer término, una estimación de las magnitudes que supondrá dicha obra, como son: metros cúbicos de movimiento de tierra, incluyendo especificaciones sobre el tipo de material; las cantidades de hormigón, desglosadas por tipo y resistencia; longitud y otras características de las obras de conducción; listado de los componentes mecánicos principales y de las instalaciones especiales. Luego se deberá proceder a realizar una estimación de los costos con base en valores unitarios vigentes para este tipo de obras. Alternativamente, y en función de la información básica disponible, se puede seguir un procedimiento más detallado que consideraría las necesidades de mano de obra por especialidad, las cantidades de materias primas, el tiempo de uso de equipos de construcción, así como los costos unitarios correspondientes a cada uno de estos consumos. Cabe mencionar que, en ambas alternativas, el tipo de daño que ha recibido la obra, la accesibilidad de los recursos naturales básicos —tierra, arena y grava—, así como la disponibilidad de mano de obra común, tanto no calificada como especializada, tienen una alta incidencia en la estimación de los costos directos. Una fuente valiosa de información a este respecto la constituyen las estimaciones y cotizaciones de contratistas con experiencia reciente en la localidad o en regiones con condiciones similares.

En lo referente a la generación geotérmica, la extracción y manejo del recurso incluye pozos de suministro, tuberías de conducción y equipos especializados para el procesamiento y concentración del vapor de agua. La estimación de los daños relacionados con la disponibilidad y accesibilidad del recurso yacente en el subsuelo requerirá de la intervención de expertos y la realización de investigaciones de campo que están fuera del ámbito de este manual. Sin embargo, el especialista del sector deberá intentar realizar estimaciones sobre este particular con base en los costos promedio, debidamente actualizadas, de la infraestructura de los pozos en el área considerada, o en otros sitios que tengan características naturales similares. Para el resto de las instalaciones se seguirían los procedimientos alternativos ya explicados para las obras hidroeléctricas.

El resto de los componentes de la infraestructura para la producción de electricidad está constituido por las propias centrales generadoras, que comprenden el edificio de la casa-planta y toda una variedad de equipo mecánico, eléctrico y electrónico. Se considerarán en primer término los equipos que proveen la fuerza motriz al generador. Éstos difieren fundamentalmente de las centrales hidroeléctricas y las que utilizan energía calórica de calderas, tanques de presión, turbinas de vapor y gas, etc. Las primeras se diseñan individualmente en función de las características de los sitios de aprovechamiento hidroeléctrico y su reemplazo requiere de igual consideración. Sin embargo, los costos respectivos pueden ser estimados actualizando las inversiones originales a partir de índices que reflejen la tendencia de los precios internacionales de equipos similares. También puede recurrirse a estadísticas y catálogos de fabricantes relativos a costos de equipos para la concentración de la energía hidráulica en centrales hidroeléctricas por rangos de altura de agua (metros) y flujo ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ) del recurso hídrico utilizado.

El equipo para el manejo mecánico de la energía calórica proveniente del vapor de agua y de la combustión de derivados del petróleo, aunque tiene características específicas, de acuerdo con la magnitud y tipo de instalación, presenta una mayor uniformidad. En él se incluyen las centrales geotérmicas así como las de tipo convencional, y se clasifican —según el combustible que utilicen— en plantas a vapor, a diesel y a gas.

La determinación de los costos de reemplazo puede hacerse siguiendo los procedimientos generales antes comentados para las centrales hidroeléctricas, que generalmente resultan menos difíciles de estimar por tratarse de equipo más normalizado. Las centrales cuentan con toda una gama de equipo, principalmente electromecánico, que a partir del generador convierten las energías básicas —hidráulica, geotérmica y las que se extraen de los derivados del petróleo— en electricidad. En términos generales, dichos equipos, aun empleados por los diversos tipos de plantas eléctricas, presentan grandes similitudes. Sin embargo, a veces varían según su grado de modernidad y las funciones especializadas que realicen. Para la determinación de los costos de reemplazo se deberá recurrir en una primera instancia a las inversiones que se hicieron para la adquisición original —de manera especial si ésta se realizó en fechas no muy lejanas—, las que deberán actualizarse tomando en cuenta la inflación internacional. Como segunda alternativa, se podrán consultar catálogos de costos elaborados por los fabricantes de estos equipos o estadísticas de costos disponibles sobre este tipo de equipamiento en publicaciones especializadas.

Los comentarios anteriores se refieren a los casos en que resulta necesario el reemplazo total de las instalaciones. Cuando se trate de daños de menor cuantía, que sólo se requieran reparaciones o rehabilitación, la estimación de los costos deberá hacerse después de una evaluación técnica de la magnitud de los daños y las posibilidades reales de compostura. Esta labor requerirá de la participación de personal especializado con amplia experiencia en reparación y mantenimiento de este tipo de equipos. Para obtener estimaciones más precisas se requerirán pruebas de laboratorio de los equipos afectados, situación que quedaría fuera de los períodos relativamente cortos de que dispondrá el evaluador para completar la evaluación de daños directos en casos de desastre.

Finalmente están las edificaciones que albergan los equipos de generación y que se denominan casas-planta. La evaluación de los daños directos sería igual al de otras edificaciones, como se explica mas adelante.

#### b) Sistemas de transmisión y distribución

Se incluyen en este acápite las líneas de transmisión, subtransmisión y distribución así como las subestaciones de todo tipo que están directamente relacionadas con el transporte de la energía eléctrica desde los centros de generación hasta los consumidores finales.

Se considerarán en primer término las líneas de alto voltaje que utilizan torres grandes y costosas. Para la evaluación de los daños se requerirán inspecciones visuales utilizando medios de locomoción expeditos, como vehículos automotores, cuando las líneas estén cercanas a las vías transitables, y avionetas o helicópteros cuando aquéllas se extiendan a campo traviesa. Se procederá a contar el número de torres averiadas, a especificar los diferentes tipos de torre y a estimar luego el kilometraje de los cables afectados. Para el resto de las líneas que se apoyan en postería uniformemente distribuida, solamente se requerirá disponer de los kilómetros de líneas afectadas, e indicar si los daños se limitan a los soportes o si incluyen también tramos importantes de cable. Además se deberán cuantificar los transformadores y otros equipos existentes a lo largo de las líneas de distribución, que hayan sido afectados.

5

Luego se hará un listado de las subestaciones averiadas indicando, lo más precisamente que sea posible, los equipos que hayan sufrido algún daño, incluyendo las instalaciones a la intemperie y los equipos bajo techo que forman parte de las subestaciones principales.

Con base en los resultados que se obtengan de la inspección de las instalaciones mencionadas se harán las estimaciones de los costos correspondientes. Se utilizará para ello la información disponible en las empresas eléctricas afectadas o la existente en áreas circunvecinas. Como se trata de datos que se utilizan con relativa frecuencia, es probable que la información requerida pueda obtenerse sin mayores contratiempos. También se podrá recurrir —al igual que para las obras de generación— a costos globales o desglosados que pudieran tener los contratistas de obras con experiencia aplicable a la localidad, y también a estadísticas y catálogos de costos de equipos.

Los comentarios anteriores sobre la estimación de daños en instalaciones parcialmente averiadas, en contraposición con las que deberán reemplazarse totalmente, también valen para las obras de transmisión y distribución del fluido eléctrico.

### c) Centros de despacho y otras obras

Otras instalaciones importantes de las empresas eléctricas son los centros de medición y despacho de la electricidad y las edificaciones para las oficinas administrativas. Los primeros consisten en edificios que albergan toda una gama de equipos que realizan el monitoreo y control de los flujos de la energía eléctrica entre las centrales generadoras y las áreas de consumo. Los hay desde los más elementales, que utilizan controles manuales, hasta los más complejos, dotados de modernos sistemas de telemedición y computación electrónica que alcanzan un alto grado de automatización y optimización de sus funciones básicas. Para la evaluación de los daños, en el caso que se requiera la reconstrucción total de estas instalaciones, conviene utilizar costos globales aplicables según el tipo de centro de despacho. Cuando se trate de equipos y estructuras parcialmente averiadas se requerirá de un inventario de las partes respectivas y una estimación de la extensión y magnitud de los daños, labor que, en lo que concierne al equipamiento especializado, sólo pueden realizar expertos en la materia.

6 La evaluación de los daños en edificios administrativos de la empresa, así como en otras instalaciones que resulten afectadas por un desastre, es relativamente fácil por tratarse de estructuras y construcciones de características bien conocidas. Para su cuantificación se deberá recurrir en una primera instancia a precios globales promedio por unidad de área de piso o cobertura horizontal. Para una estimación más precisa se deberán utilizar precios unitarios correspondientes a los principales elementos que integran las obras, tales como losas, paredes, techos, ventanales, etcétera.

## 2. Daños indirectos

Como se mencionó anteriormente, los daños indirectos comprenden, por una parte, el costo adicional de suplir las necesidades energéticas en forma interina durante el período de rehabilitación de las instalaciones afectadas y, por la otra, los ingresos netos o superávit que dejaron de percibir las empresas eléctricas durante dicho período.

### a) Suministro provisional de electricidad

Para el cálculo del costo adicional en que será necesario incurrir para el suministro provisional de energía eléctrica, se deberá estimar, en primer término, el período que durará la rehabilitación o puesta en condiciones normales de funcionamiento de la infraestructura dañada. La extensión del mismo dependerá básicamente de la amplitud y magnitud del desastre y deberá determinarse al evaluar los daños directos antes referidos. Luego se deberá estimar la demanda efectiva de energía eléctrica en dicho período. Para determinar la cantidad y las características de dicha demanda es menester tomar en consideración la incidencia del desastre en los principales sectores consumidores de la empresa (entre éstos se encuentran normalmente la industria, el comercio y el sector residencial).

Como paso inicial se proyectarán las perspectivas de los principales consumos, con base en los siguientes criterios: la demanda residencial en función del número de viviendas que no han sido afectadas; los requerimientos industriales, con base en las plantas correspondientes a dicho sector que estén en condiciones de seguir operando, así como en el comportamiento esperado de la demanda de los productos que éstas elaboren; y la demanda comercial, tomando en cuenta la capacidad operativa de los establecimientos de la zona afectada. En todos los sectores se deberán formular conjeturas acerca del poder adquisitivo de los clientes en el período posterior al desastre, el que, lógicamente, influirá en su demanda. Sobre las bases anteriores se estimarán la magnitud y las características de los requerimientos globales de energía eléctrica.

Luego el especialista en el sector eléctrico examinará los medios alternativos para atender las demandas temporales estimadas, que, como se mencionó anteriormente, serán generalmente menores que las que se hubiesen dado de no haber ocurrido el desastre, aunque excepcionalmente podrían resultar mayores. Para el suministro de la energía eléctrica requerida se considerarán soluciones que aseguren un rápido restablecimiento del servicio.

En el caso de sistemas aislados se considerarán los equipos tipo "paquete" que puedan mobilizarse e instalarse con celeridad en los principales centros de carga. Los costos de capital se obtienen con relativa facilidad en catálogos especializados o sobre la base de experiencias recientes en la compra de este tipo de equipo para necesidades especiales, como serían las plantas de reserva para centros industriales o para suplir las necesidades de poblaciones aisladas del sistema eléctrico integrado nacional.

7

Los costos de operación se pueden estimar a partir de los consumos específicos de combustible y de su costo puesto en el área seleccionada para las instalaciones provisionales, que deberán ubicarse de preferencia en sitios lo más cercano posible a los centros de gravedad de las cargas de mayor magnitud. Se completaría la estimación de los costos de operación al añadir los gastos por concepto de mano de obra y materiales, que pueden obtenerse generalmente de la contabilidad de costos que llevan las empresas eléctricas sobre la operación de equipos iguales o similares a los contemplados en el caso en referencia.

Cuando se trate de sistemas no interconectados, aunque relativamente cercanos a sistemas vecinos, los costos de la energía provisional se calculan con relativa facilidad. Se procederá a investigar si el o los sistemas aledaños están en capacidad de suministrar la energía y potencia requeridas. Luego se calcularán los costos para hacer efectiva la interconexión, lo que puede requerir en algunos casos la realización de nuevas inversiones, tales como tramos de líneas de transmisión, equipo de subestación, etc. Luego se determinarán las tarifas a las que podrá obtenerse la energía eléctrica requerida. De no haber convenios establecidos para este tipo de emergencias, se estimará una tarifa razonable con base en los costos adicionales de operación que tendrá el sistema escogido para proveer el servicio eléctrico interino. También puede darse el caso de que solamente parte de los requerimientos puedan ser atendidos por los sistemas aledaños. En esta situación se seguirán los procedimientos antes indicados para las alternativas de sistemas aislados y sistemas integrados, en proporción al grado de contribución de cada uno.

Cabe destacar que, como se trata de establecer los costos adicionales del servicio interino, a las estimaciones anteriores y a todas las alternativas consideradas deberá restarse cualquier reducción que se produzca en los costos de operación en relación con los costos que tiene la empresa en tiempos normales, como serían los gastos variables de unidades de generación que dejen de operar a causa del siniestro.

#### b) Otros daños indirectos

Las utilidades dejadas de percibir por la empresa eléctrica durante el período que dure la rehabilitación de las instalaciones y la normalización de la demanda constituyen también daños indirectos. Es lógico suponer que durante este lapso los consumidores que requieren de la energía eléctrica para acelerar la recuperación de su actividad (o al menos una parte de ellos) tendrán una capacidad de pago disminuida por efectos de la merma de sus ingresos normales. Tomando en cuenta este factor, y en los casos en que ello ocurra, es probable que se establezca provisionalmente una tarifa más reducida. Con base en ella se procederá a estimar los ingresos brutos, así como las demandas reales estimadas a las que se hizo mención en el acápite anterior. De los ingresos brutos así calculados se restarán los costos totales durante el período interino, que incluyen los cargos adicionales que implica el servicio provisional antes aludido, y los costos de la empresa en tiempos normales. Se obtendrán así los ingresos netos durante el período en referencia, que podrían resultar negativos al producirse un incremento en los gastos paralelamente a una reducción en los ingresos.

### 8

Luego se estimarán los ingresos netos que se habrían generado de no haber acontecido el desastre. Se considerarán, por una parte, los ingresos esperados mediante la aplicación del ingreso medio estimado a la proyección normal de la demanda eléctrica. Por la otra, se hará una estimación de los costos anticipados con base en su comportamiento histórico reciente, incluyendo costos directos e indirectos, llegándose así a calcular los ingresos netos para una situación normal. Cabe mencionar que este superávit lo utilizan normalmente las empresas eléctricas como un componente esencial para sufragar las inversiones de capital requeridas para suplir en forma adecuada y oportuna las demandas futuras. Cualquier merma significativa implicaría la necesidad de recurrir a nuevos préstamos, que a su vez se conceden en función de que la empresa respectiva sea rentable. Las estimaciones para este segundo escenario se encuentran normalmente disponibles en las empresas eléctricas dado el carácter de esta actividad, que requiere de una planificación a corto y mediano plazo permanentemente actualizada.

Los daños indirectos —que en este caso equivaldrían a los beneficios o al superávit que se dejó de percibir debido al desastre— se calcularían por la diferencia algebraica de los ingresos netos calculados para el escenario normal, sin desastre, y los correspondientes a la situación real, que incluye los costos adicionales de suministro del servicio eléctrico durante el período de rehabilitación. Cabe recalcar que, cuando los ingresos netos en este último escenario sean negativos, se deberán sumar a los ingresos netos estimados para el escenario normal, a fin de obtener la merma total en las utilidades a causa del siniestro.

### 3. Contenido importado y desglose de los costos

Con el fin de apreciar los efectos del desastre sobre la balanza de pagos así como sobre la contabilidad nacional, resulta necesario desglosar los costos directos e indirectos entre gastos en divisas y en moneda nacional, por una parte, y gastos correspondientes a los sectores público y privado, por la otra. En lo que concierne a costos directos, todo el equipo, materiales y mano de obra especializada no disponibles en el país que deberán importarse para la rehabilitación de las obras corresponderían a gastos en moneda extranjera.

Los gastos locales cubrirán principalmente los costos de construcción y reparación, tales como labores de agrimensura, movimiento de tierra, construcción de estructuras, etc. Sin embargo, estos últimos también pueden incluir componentes significativos de gastos en divisas por concepto de equipos especializados, tractores, camiones, grúas, etc., que no están disponibles localmente y que sea necesario importar. Para su estimación se deberá recurrir a los registros de contabilidad de costos disponibles en las empresas eléctricas o a los archivos de contratistas con experiencia reciente en este tipo de trabajos en el área.

En lo que se refiere al componente en divisas de los costos indirectos, sólo se daría en lo relativo a los gastos para suplir interinamente la demanda eléctrica, en función de los equipos y materiales que deberán importarse para tales fines. De igual forma se incluirán los costos de importar electricidad de otros países, si se diera el caso.

La determinación o desglose de costos entre públicos y privados depende básicamente de la ubicación de la empresa eléctrica afectada en el sector oficial o privado. Además, cuando el gobierno es el que proporciona los servicios de electricidad, se deberá considerar la posible participación de empresarios privados en las actividades que se realizan, que generalmente se refieren a contratos para la reconstrucción o reparación de las instalaciones afectadas.

9

## C. SECTOR PETROLERO

### 1. Daños directos

#### a) Obras de producción

La producción de petróleo se lleva a cabo mediante extracción de crudo de pozos ubicados en tierra firme o en el mar. Las fases siguientes —transporte, almacenamiento del crudo para su refinación local o para la exportación— se incluyen más bien en el campo del transporte especializado y deben tomarse en cuenta en la evaluación sectorial respectiva.

Para el desarrollo y control de los pozos en producción se utilizan estructuras, equipos e instalaciones diseñados en gran parte a la medida de las necesidades y características del entorno geográfico. Entre ellos se destacan las torres para el control de las excavaciones, las perforadoras de gran profundidad, las plataformas marinas y una gran cantidad de tuberías y equipo para el manejo de los flujos que se producen.

La evaluación de los daños que causa un desastre natural en lo que toca a la accesibilidad del recurso bajo tierra o agua, así como a la capacidad de producción de los pozos en funcionamiento, requiere expertos, que deberán realizar las investigaciones y trabajo de campo pertinentes.

En general, estas actividades rebasan el ámbito de este manual, que se refiere más bien a estimaciones que pueden realizarse en el corto plazo. En caso de destrucción total de una explotación determinada, una primera aproximación para evaluar los daños directos sería la obtención del monto de las inversiones ya realizadas, actualizado a la fecha del siniestro, y para los indirectos, el valor comercial neto de la producción que se dejará de percibir durante el lapso que dure la rehabilitación. Luego podrán precisarse más estas apreciaciones mediante la estimación de los daños a instalaciones tales como torres, máquinas perforadoras y equipo auxiliar.

Cuando tales instalaciones requieran de un reemplazo total, dichas estimaciones se podrían hacer utilizando costos típicos (actualizados), generalmente disponibles en los archivos de la empresa. También se podría obtener información sobre costos en los catálogos de los fabricantes de equipo industrial. Además, se podría recurrir a contratistas con experiencia en casos similares. De requerirse sólo la reparación de estructuras y equipo parcialmente averiado, se deberá contar con una evaluación previa de la magnitud y extensión de los daños. Esta labor sólo pueden realizarla técnicos calificados con amplia experiencia en labores de rehabilitación y mantenimiento, y de preferencia familiarizados con el tipo de instalaciones afectadas.

## 10

### b) Obras de refinación

Las plantas para la transformación del petróleo en productos derivados son de tipo sencillo, cuando cubren solamente las etapas de destilación primaria, o más complejas, a medida que incorporan equipos más sofisticados para el reprocesamiento de algunos productos o para la remoción de sustancias nocivas como el azufre. En términos generales, las refinerías incluyen: torres de procesamiento de diversos tipos, tanques de almacenamiento, multiplicidad de tuberías metálicas de varios tamaños, y válvulas y otros enseres para el manejo y control de fluidos. La evaluación de daños en casos de desastre puede seguir procedimientos iguales o similares a los mencionados en el apartado anterior en relación con las centrales térmicas que generan electricidad. Ello porque en ambos casos gran parte de los elementos que integran las plantas son iguales o similares a los que se utilizan en otras instalaciones de tipo industrial.

### c) Obras de distribución

La distribución y venta de los productos derivados del petróleo se puede desglosar según los principales sectores usuarios: combustibles gaseosos para uso doméstico-industrial; combustibles líquidos para uso del transporte carretero, naviero y aéreo, y los residuos bituminosos que se utilizan generalmente en la construcción de caminos. Las instalaciones básicas consisten por una parte en poliductos, tanques de almacenamiento, centros de bombeo, etc. Por la otra, en las estaciones típicas para el abastecimiento de los vehículos automotores y pequeñas embarcaciones que se surten en forma individual. Estas últimas corresponden en esencia al sector de los transportes y aquéllas al industrial. Para la evaluación de daños en el caso mencionado en segundo lugar se seguirían los procedimientos ya enunciados anteriormente para este tipo de instalaciones.

#### d) Otras obras

Correspondería incluir en este acápite los edificios para las labores administrativas de la empresa y los centros de esparcimiento para el personal de la misma. Este tipo de estructuras, como se mencionó anteriormente, son comunes a todos los sectores y en consecuencia la evaluación de daños en casos de desastre se haría empleando las técnicas ya mencionadas con respecto a destrucción de viviendas.

### 2. Daños indirectos

Los daños indirectos comprenden, por una parte, el costo adicional de suministrar petróleo o sus derivados para satisfacer los requerimientos energéticos durante el tiempo que dure la reconstrucción o la rehabilitación de las obras afectadas; por la otra, corresponden los ingresos netos que se dejaron de percibir durante dicho lapso, incluyendo los costos adicionales también mencionados antes.

#### a) Suministro provisional de petróleo y derivados

La estimación de los costos del suministro provisional de hidrocarburos deberá basarse en la magnitud y características de los daños sufridos y en la duración de los trabajos de rehabilitación. Estos dos factores deberán haber sido ya determinados en el momento en que se haga la evaluación de los daños directos. Luego se estimará la demanda de petróleo y derivados que se deberá abastecer para suplir la capacidad de producción perdida y para el proceso de reconstrucción. Para ello se tomará en cuenta el efecto del desastre en los principales consumidores: residencias, comercios e industrias, que seguirán requiriendo gas doméstico; vehículos automotores y de otro tipo que permanezcan en funcionamiento; los kilómetros de caminos que deberán construirse o rehabilitarse con material bituminoso, etc. Con base en lo anterior, y la debida consideración del poder de compra de los consumidores afectados, se completará la estimación de la nueva situación de mercado en términos de necesidades y por tipo de producto requerido.

11

Luego se analizarán las alternativas para suplir las demandas así determinadas. Se pueden presentar a este respecto varias posibilidades, en función de la disponibilidad y ubicación de los recursos existentes y de las instalaciones disponibles para su transporte y transvase. Para suministros cercanos y cantidades menores se utilizarán carros-tanque; para distancias mayores se podrían usar tuberías previamente instaladas para envíos interregionales o se procederá a la construcción de tramos cuya inversión pueda justificarse. Finalmente, se utilizarían los transportes navieros, que son los más comúnmente empleados en el mundo para la comercialización del petróleo y sus derivados. Para esto último se requerirán condiciones y equipo portuario adecuados; en caso de no existir éstos, será necesario recurrir a las instalaciones provisionales que se utilicen en situaciones de emergencia.

A partir de las consideraciones anteriores, y una vez seleccionada la alternativa que resulte más económica y viable, se estimarán los costos correspondientes. En todo caso, el tipo de actividad referido corresponde más bien al sector transporte, por lo que se deberá cubrir en el capítulo respectivo. Se obtendrían entonces los costos de capital y de operación, incluyendo el de los hidrocarburos adquiridos. Dado que éstos se comercializan a precios internacionales conocidos, su estimación no tendría mayores problemas.

#### b) Otros daños indirectos

Como se explica en mayor detalle en el acápite referente al sector eléctrico, los daños indirectos por concepto de pérdidas de ingreso se pueden cuantificar como sigue. Se determinan los ingresos netos correspondientes al escenario real que se estime ocurrirá en el período posterior al desastre. Al respecto cabe recalcar que es de esperar que los ingresos brutos se reduzcan mientras que los costos se incrementen al incluir el mayor costo del suministro interino. Es muy probable que los resultados presenten cifras negativas. Luego se establecen los ingresos netos que hubiese obtenido la empresa de no haber ocurrido el siniestro, información que podrá derivarse de los archivos o las proyecciones de la propia empresa. En el caso extremo de que los registros hayan sido destruidos, se procederá a hacer su estimación con base en otras empresas de características básicas similares. La diferencia algebraica del ingreso neto en condiciones normales menos el correspondiente a la situación real luego del desastre daría el total de los daños indirectos, que equivalen a las utilidades que la empresa dejó de percibir por causa del desastre.

### 3. Desglose de los daños directos e indirectos

12 Como se explica en detalle en el acápite referente al sector eléctrico, los costos directos e indirectos se desglosan como sigue: por una parte, en moneda nacional y divisas para propósitos de la balanza de pagos; y por la otra, en costos gubernamentales y privados, para propósitos de las cuentas nacionales. En el caso del sector de hidrocarburos, los efectos macroeconómicos pueden ser de significación, especialmente para aquellos casos en que el país afectado es exportador neto de petróleo y/o derivados, en cuyo caso el análisis de los efectos indirectos y macroeconómicos habrá de ser mucho más minucioso por parte del especialista en energía, quien deberá trabajar en estrecha cooperación con el especialista en macroeconomía.

### 4. Efectos en el empleo y en las mujeres

Los sectores eléctrico y petrolero generalmente no emplean un número elevado de trabajadores, ya que sus actividades dependen en gran medida de maquinaria y equipos. En este ámbito, por tanto, los desastres tienen una baja repercusión en los ingresos laborales. Por la misma razón, en estos sectores no se debe esperar un impacto diferencial significativo en las mujeres.

## 5. Impacto en el medio ambiente

En el ámbito de la evaluación de daños causados por desastres, las principales vinculaciones del sector energía con el sector ambiental son las siguientes (véase también el capítulo de medio ambiente):

a) Diversos cambios ambientales que tienen que ver con los recursos hídricos afectan la producción hidroeléctrica. Aparte de las sequías, cuyas consecuencias son evidentes, otros desastres, como inundaciones y deslizamientos de tierra, también afectan la disponibilidad y calidad del agua. Así, los deslizamientos de tierra pueden provocar obstrucciones o cambios en los cursos de agua que alimentan embalses, lo que afecta la disponibilidad del recurso para la producción eléctrica. Las inundaciones provocan el arrastre de sedimentos, que se depositan en el fondo de los embalses y disminuyen su capacidad de almacenamiento y, por tanto, su vida útil.

En el caso de los cambios de curso de agua pueden ser necesarias obras de drenaje, cuyos gastos se contabilizan como daños indirectos en el sector energía. Cuando estas obras no se llevan a cabo, por razones técnicas o financieras, y disminuye la capacidad de producción energética en el futuro, el daño se considera directo y su estimación se realiza como el valor presente de la diferencia de los flujos de ingresos netos que se produce como consecuencia del desastre. En el caso de disminución de la vida útil, el enfoque es similar, y el daño se calcula como el valor presente del flujo de ingresos netos correspondiente a los años que se pierden de producción. Se debe señalar, no obstante, que la estimación del volumen de sedimentos y, por tanto, de la reducción de vida útil del embalse requiere de trabajo de campo, por lo que esa información puede no estar disponible en el momento de la evaluación.

13

b) El petróleo es un recurso natural no renovable que constituye una parte del capital natural de algunos países. Cuando se produce un derrame de proporciones significativas, se contabiliza como daño directo en el sector energía a partir de su precio de mercado. En la evaluación ambiental se trata de identificar la parte de estos daños que corresponde a contribución del capital natural separadamente de la que corresponde a la contribución del capital humano y de otros activos, como infraestructura y equipos. El cálculo de esta contribución se realiza a partir del concepto de renta económica que, en el caso de los recursos del subsuelo, presenta complicaciones metodológicas. Por ello será necesario acudir a estimaciones ya existentes.<sup>1</sup> Con el fin de evitar problemas de doble contabilidad, estos daños no se incluyen en la agregación final de daños.

---

<sup>1</sup> Véase, por ejemplo, Kunte y otros (1998), *Estimating National Wealth: Methodology and Results*, Documento para discusión del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial.

c) Uno de los efectos que se produce con cierta frecuencia como consecuencia de un desastre y que se relaciona con el sector energético es la liberación de petróleo y otras sustancias tóxicas al medio ambiente. La ruptura de oleoductos es uno de los principales riesgos en casos, por ejemplo, de terremotos. También puede producirse la liberación de sustancias tóxicas como consecuencia de un desastre. Es el caso, por ejemplo, de los compuestos de azufre asociados a la producción geotérmica, cuando como consecuencia de un desastre se produce una ruptura del sistema de recolección de estas sustancias.

Los daños ambientales que se pueden producir son de diversa gravedad dependiendo de la magnitud del evento, de su localización y del tipo de desastre. En ocasiones será difícil identificar su impacto en el medio ambiente, especialmente en un período de tiempo corto. Las consecuencias de estos daños ambientales pueden alcanzar, directamente o a través de efectos en cadena, activos y flujos de bienes y servicios de diversos sectores.

En general, los daños directos e indirectos los abordan los sectores de energía o transporte. La persona responsable de la evaluación medioambiental deberá coordinarse con los otros miembros del equipo evaluador para asegurar la contabilización de los daños, especialmente los gastos para resolver el problema.<sup>2</sup> Existen casos en que los daños afectan áreas naturales. La contabilización de estos daños corresponderá probablemente al especialista en medio ambiente. El método más recomendable será el del costo de restauración (véase el capítulo de medio ambiente).

**14**

En el anexo VII se presenta un ejemplo de cómo debe realizarse la evaluación del sector energético.

---

<sup>2</sup> Si bien el especialista puede haber recogido los daños directos e indirectos de su sector, las medidas de restauración, por lo general recaen en instituciones no relacionadas directamente con el sector afectado. Cuando éste es el caso, y especialmente cuando la resolución del problema es competencia de las autoridades ambientales, es probable que dichos gastos no se contabilicen.

## Anexo VII

### ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS SOBRE EL SECTOR ENERGÉTICO OCASIONADOS POR EL TERREMOTO DE MARZO DE 1987 EN EL ECUADOR <sup>3</sup>

En marzo de 1987 se produjo en el Ecuador un desastre de grandes proporciones originado por una serie de sismos cuyo epicentro se ubicó en la región nororiental del país. El desastre afectó negativamente las condiciones de vida de un grupo poblacional de bajos ingresos, al destruir sus viviendas y servicios básicos. Todavía más graves fueron los daños en la infraestructura de transporte para sectores vitales de la economía, con lo que se comprometió la capacidad para exportar y generar divisas en el país.

#### 1. Sector eléctrico

Los temblores, las avalanchas y las crecidas de los ríos originaron daños directos en algunas centrales de generación eléctrica, las líneas de transmisión del sistema interconectado nacional y en dos campamentos de centrales hidroeléctricas que se encontraban en construcción. Además, indujeron daños o efectos indirectos, por cuanto fue necesario suspender temporalmente el suministro de electricidad en algunas ciudades, sustituir la generación de plantas hidroeléctricas con generación de mayor costo en plantas térmicas, y se aumentaron los costos de generación en algunas centrales termoeléctricas debido al aumento en el costo de transporte del combustible para motores diesel.

15

La reparación de los daños en las centrales generadoras y en los sistemas de transmisión de electricidad se estimó con base en los costos de las empresas que los operan, lo mismo que los costos de reparación y reconstrucción de los campamentos de las centrales en construcción. El costo directo total se estimó en 3.5 millones de dólares.

Como daños indirectos se estimaron aquellos referidos a los mayores costos en las obras que se encontraban en construcción, mayores costos en la producción de electricidad al utilizarse plantas termoeléctricas, y las pérdidas de ingresos de la empresa eléctrica. El monto total de los daños indirectos se estimó en 0.3 millones de dólares.

Por lo tanto, el daño total sufrido por el sector eléctrico como resultado del desastre se estimó en 3.8 millones de dólares. En la reconstrucción, debido a que la mayor parte de los equipos y materiales por reponer no se producen a nivel nacional, hubo un efecto negativo sobre la balanza de pagos por una cifra de 2.2 millones de dólares (véase el cuadro 1).

---

<sup>3</sup> CEPAL (1987), *El desastre natural de marzo de 1987 en el Ecuador y sus repercusiones sobre el desarrollo económico y social*, México, abril.

Cuadro 1

Rubro	Daños, millones de US\$			Efectos sobre la balanza de pagos <sup>a</sup>
	Total	Directos	Indirectos	
Total	3.80	3.51	0.29	2.18
Infraestructura de producción	0.13	0.13	--	--
Líneas y subestaciones	0.12	0.12	--	--
Campamentos de obras en construcción	3.26	3.26	--	2.18
Mayores costos de generación y menores ingresos por facturación	0.29	--	0.29	--

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales

a/ Valor de los componentes que será necesario importar por no existir producción nacional de los mismos.

## 2. Sector de hidrocarburos

Si bien no se detectaron daños en los pozos productores de petróleo, las avalanchas y crecidas de los ríos cortaron el oleoducto transecuatoriano, que une la zona de producción ubicada en Lago Agrio con la refinería y la terminal de exportación de petróleo y derivados ubicado en Esmeraldas. Se interrumpió el flujo del crudo procedente de la zona oriental, que genera el 99.6% de la producción nacional, y se derramó un volumen cercano a los 100, 000 barriles de crudo. Los cortes en el oleoducto, de diferentes diámetros, abarcaron longitudes cercanas a los 78 kilómetros en total, y se dañaron las obras civiles de algunas estaciones de bombeo.

- 16** Los daños directos de los ductos y las obras conexas y el valor del petróleo derramado se estimaron en 120 millones de dólares. Al suspenderse las operaciones de reconstrucción del oleoducto, siguiendo el mismo trazado que el anterior para facilitar las obras, por un período de cuatro meses se produjeron pérdidas indirectas de importancia para el país muy superiores al valor del daño directo (véase nuevamente el cuadro 1).

Tales daños indirectos tuvieron repercusiones tanto internas como externas para el desempeño económico del país. Ello incluyó el descenso de los ingresos de divisas por concepto de exportaciones petroleras a lo largo del período de reconstrucción, y mayores costos para poder satisfacer la demanda interna de derivados del petróleo.

En cuanto a la situación interna, fue preciso enfrentar mayores costos para el suministro de gas licuado para Quito, la ciudad capital, debido a la ruptura del gasoducto, al emplearse rutas y medios alternos de más elevado costo de operación. Además, la demanda interna de derivados de petróleo hubo de atenderse mediante la combinación de un préstamo de tales productos proveniente de Venezuela y fue necesario construir y utilizar un oleoducto alternativo hacia Colombia, para poder extraer cantidades limitadas de petróleo que luego se transportaron por barco hasta la refinería ecuatoriana de Esmeraldas.

En relación con las exportaciones de crudo, fue necesario suspenderlas hasta que se reconstruyera el oleoducto, aun cuando se obtuvieron sendos préstamos de Venezuela y Nigeria para cumplir con al menos parte de los compromisos en el exterior. Ello permitió amortiguar las pérdidas, al distribuir las a lo largo de un período de mayor duración que el necesario para reconstruir el oleoducto.

Además de lo anterior, la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) acusó pérdidas debido a la caída en el consumo interno de gasolina, y las refinerías (privadas y estatales) procesaron un menor volumen de crudo en sus instalaciones. Este lucro cesante vino a incrementar las pérdidas indirectas ocasionadas por el desastre.

En resumen, el terremoto ocasionó daños directos a la infraestructura del sector por un monto de 121.7 millones de dólares, además de efectos indirectos por valor de 766.7 millones más, lo que situó el total de daños en los 888.4 millones de dólares. Además, esos daños tuvieron repercusiones negativas sobre la balanza de pagos del país, por un monto de alrededor de los 815 millones de dólares, debidas a la disminución de exportaciones petroleras y al aumento en importaciones requeridas para su consumo interno (véase el cuadro 2).

Cuadro 2

Rubro	Daños, millones de dólares			Efecto sobre el balance de pagos <sup>a/</sup>
	Total	Directos	Indirectos	
<b>Totales</b>	<b>888.42</b>	<b>121.67</b>	<b>766.89</b>	<b>815.6</b>
Reconstrucción de ductos, estaciones de bombeo y costo del petróleo derramado	121.67	121.67	--	66.0
<i>Mayores costos para el abastecimiento interno</i>	90.17	--	90.17	87.3
- Inversión en oleoducto a Colombia	17.05		17.05	
- Mayores costos de transporte	15.69		15.69	
- Costo crudo de reposición	54.56		54.56	
- Mayores costos transporte gas licuado	0.87		0.87	
- Mayores costos transporte derivados a Oriente	2.00		2.00	
<i>Pérdidas de exportación</i>	662.30		662.30	662.3
- Exportaciones perdidas	64.27		64.27	
- Flete de petróleo prestado	19.60		19.60	
<i>Lucro cesante</i>	14.28	--	14.28	--
- Menor consumo	5.27		5.27	
- Menor procesamiento en refinerías	9.01		9.01	

Fuente: CEPAL sobre la base de cifras oficiales.

a/ Menores exportaciones que se realizaron y mayores importaciones de equipo, maquinaria y materiales.

Como podrá observarse, el terremoto de marzo de 1987 ocasionó daños totales en el sector energía del Ecuador por un monto estimado en los 892 millones de dólares. De ello, solamente el 14% correspondió a daños directos sobre la infraestructura del sector, en tanto el 86% restante fueron daños o pérdidas indirectas. Además, el desastre tuvo un efecto negativo sobre la balanza de pagos por un monto estimado en 818 millones y debido principalmente a la imposibilidad de cumplir con los compromisos de venta de crudo en el exterior. Ello vino a agravar la difícil situación económica del país en aquel momento que en gran medida se debió a una caída previa en los precios internacionales del petróleo.

## II. AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

### A. INTRODUCCIÓN

#### 1. Comentarios generales

Los indicadores epidemiológicos de la región revelan que la tasa de mortalidad está estrechamente relacionada con enfermedades infecciosas, las cuales dependen en gran parte de la calidad del agua consumida y del acceso a servicios adecuados de saneamiento. La situación se vuelve crítica en situaciones de desastre, por lo cual este sector debe centrar sus actividades posdesastre en la recuperación de los servicios, asignando especial atención a la calidad del agua, la evacuación de excreciones y el manejo de la basura.

En la búsqueda de soluciones para restablecer el abastecimiento de agua, se debe considerar cada recurso potencial, su capacidad, su proximidad a un sistema de desagüe y cualquier posibilidad de contaminación química.

18 En situaciones normales, los métodos inadecuados de tratamiento de desechos humanos tienen consecuencias negativas sobre la salud de la población. Con más razón, en caso de desastres, la evacuación y el tratamiento de los desechos humanos son determinantes para evitar la transmisión de enfermedades infecciosas y constituyen una prioridad en salud pública.

Los daños no dependen sólo de la intensidad del desastre sino además de la vulnerabilidad, que es una característica propia de cada componente del sistema, de modo que un desastre de una misma magnitud y forma puede causar daños muy distintos en diferentes sistemas, o bien en distintos componentes de un mismo sistema.

La vulnerabilidad de los sistemas depende básicamente de cuatro factores: ubicación, calidad diseño de ingeniería, calidad de la construcción (incluyendo la tecnología: equipos y materiales utilizados) y calidad de la operación y el mantenimiento de las obras.

La mayor parte de los componentes de los sistemas de agua potable y saneamiento necesitan una operación adecuada y un mantenimiento sistemático a través del tiempo, con el fin de obtener una mayor capacidad de los sistemas para resistir daños y facilitando las reparaciones después de un desastre. Por otra parte, una buena operación y un buen mantenimiento requieren de una organización eficaz, con talleres, repuestos y planos del trazado de cañerías; esto ayudará significativamente a dimensionar, evaluar y reparar con mayor agilidad y menor costo los daños producidos por un desastre, por lo cual los departamentos de operación y mantenimiento de los sistemas afectados serán una fuente importante de información para esta misión.

## 2. Procedimiento de evaluación

El proceso de evaluación implica efectuar con anterioridad la delimitación del área afectada por el desastre. El especialista en agua y saneamiento debe analizar las instituciones que incluye en el sector y el papel que cada una desempeña en el funcionamiento del mismo. El sector de agua y saneamiento necesita de un enfoque multidisciplinario y holístico para entender las relaciones dialécticas que mantienen los elementos que la componen. Al mismo tiempo, cada uno de los servicios (suministro de agua, disposición y recolección de aguas residuales, manejo y disposición final de desechos sólidos) requiere una metodología particular. De igual forma, el grupo de especialistas que tenga a su cargo la evaluación deberá obtener información acerca de la política que se deberá aplicar a esos sectores, con base en el nivel de desarrollo de cada uno de ellos. En el plano técnico, la recopilación de información básica, así como la disponibilidad de esquemas o planos de los sistemas afectados será indispensable para las estimaciones y verificaciones que serán realizadas en el terreno. Así, tras la conclusión de la evaluación, el especialista sectorial podrá preparar un cuadro que muestre la información más precisa y sintetizada de los daños y pérdidas en los tres subsistemas, tal como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1**  
**DAÑOS Y PÉRDIDAS EN EL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO**  
(Miles de dólares)

Componente	Daños			Sector		Efecto sobre la balanza de pago
	Total	Directo	Indirecto	Público	Privado	
<b>Total</b>						
<b>Agua</b>						
<i>Sistemas urbanos</i>						
Infraestructura ( detallar por componente afectado, cuando la información lo permita)						
Gastos de rehabilitación						
Menor ingreso						
Mayor costo de producción						
<i>Sistemas rurales</i>						
Infraestructura						
Gastos de rehabilitación						
<b>Alcantarillado sanitario y pluvial</b>						
Infraestructura (idem)						
Gastos de rehabilitación						
Menor ingreso						
Mayor costo de producción						
<i>Sistemas rurales</i>						
Infraestructura						
Gastos de rehabilitación						
Pozos y letrinas						
<b>Basuras</b>						
Gastos de rehabilitación						
Menor ingreso						
Mayor gasto en la disposición						

### 3. Requerimientos de información

#### a) Sistemas de agua potable

El especialista en agua y saneamiento deberá tratar de obtener toda la información posible que se describe a continuación, como base para la evaluación.

- i) Organización del sector de agua: instituciones prestadoras de servicios, municipios, entes reguladores y rectores.
- ii) Niveles de cobertura de los servicios de agua (urbano y rural) antes del desastre.
- iii) Desagregación de la población servida por sistemas masivos y particulares (sistemas de agua entubada, pozos, sistemas multifamiliares).
- iv) Identificación de los sistemas urbanos y rurales afectados por el desastre.
- v) Definir si el desastre afectó el proceso de tratamiento de agua potable, lo cual se traduciría en requerimientos adicionales de químicos/reactivos o equipamiento.
- vi) Características de los sistemas afectados por el desastre:
  - Población servida antes del desastre (conexiones domiciliarias, niveles de consumo, etcétera).
  - Planes de tarifa, subsidios existentes, niveles de recaudación, etcétera.
  - Producción de los sistemas antes del desastre.
  - Capacidad remanente después del desastre.
  - Estimación del tiempo de rehabilitación de los sistemas afectados.
- vii) Planos de los sistemas afectados.
- viii) Características de los daños a los sistemas:
  - Descripción de los daños en los diferentes equipos/componentes de los sistemas afectados.
  - Técnicas y materiales empleados en la construcción de los componentes de los sistemas.
  - Facilidades de acceso a los componentes de los sistemas afectados.
- ix) Organización de las instituciones prestadoras de servicios de agua y saneamiento, para la atención a la población mientras se restablecen los servicios.
- x) Identificación de las medidas de rehabilitación de los sistemas.
- xi) Costos de materiales, construcción, equipos, químicos/reactivos y otros insumos necesarios para la rehabilitación y reconstrucción de los sistemas.

- b) **Sistemas de saneamiento y alcantarillado sanitario**
  - i) Organización del sector de saneamiento: instituciones prestadoras de servicios, municipios, etcétera.
  - ii) Niveles de cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario (urbano y rural) y saneamiento antes del desastre.
  - iii) Desagregación de la población servida por sistemas masivos y particulares (letrinas, tanques y fosas sépticas).
  - iv) Identificación de los sistemas urbanos y rurales afectados por el desastre.
  - v) Características de los sistemas afectados por el desastre:
    - Población servida antes del desastre (conexiones domiciliarias, etcétera).
    - Planes de tarifa, subsidios existentes, niveles de recaudación, y su posible relación con la facturación del servicio de agua potable.
    - Niveles de procesamiento y tratamiento de aguas residuales de los sistemas antes del desastre.
    - Capacidad remanente después del desastre.
    - Estimación del tiempo de rehabilitación de los sistemas afectados.
  - vi) Características de los daños de los sistemas afectados.
    - Descripción de los daños en los diferentes equipos/componentes de los sistemas afectados.
    - Técnicas y materiales empleados en la construcción de los componentes de los sistemas.
    - Facilidades de acceso a los componentes de los sistemas afectados.
  - vii) Organización de las instituciones prestadoras de los servicios de agua y saneamiento, para la atención de la población mientras se restablecen los servicios.
  - viii) Identificación de las medidas de rehabilitación de los sistemas.
  - ix) Costos de materiales, construcción, equipos, químicos/reactivos y otros insumos necesarios para la rehabilitación y reconstrucción de los sistemas.
- c) **Recolección y disposición de la basura doméstica**
  - i) Organización local para la recolección, manejo y disposición final de la basura doméstica.
  - ii) Características de los daños en los activos del servicio (camiones, caminos de acceso a poblaciones y vertederos, etcétera).
  - iii) Cobertura geográfica y beneficiarios de estos servicios antes del desastre.

- iv) Identificación de las medidas de rehabilitación de los sistemas.
- v) Costos de materiales, construcción, equipos, químicos/reactivos y otros insumos necesarios para la rehabilitación y reconstrucción de los sistemas.

#### 4. Fuentes de información

El especialista en agua y saneamiento deberá acudir a las fuentes que dispongan de la información que requiere, entre ellas:

- a) Instituciones rectoras, entes reguladores e instituciones prestadoras de los servicios de agua y saneamiento.
- b) Instituciones prestadoras de los servicios de agua y saneamiento, ya sean las de carácter nacional, estatal, municipal, privado, mixto o las autogestionadas por la propia comunidad.
- c) Memorias anuales recientes de las empresas prestadoras de los servicios de agua y saneamiento.
- 22** d) Municipalidades encargadas de la operación y mantenimiento de los sistemas y servicios de agua y saneamiento.
- e) Asociaciones nacionales o departamentales de municipalidades.
- f) Ministerios de salud, vivienda u obras públicas, cuando alguno de éstos tenga competencia en el sector de agua y saneamiento.
- g) Juntas administradoras de los sistemas de agua y saneamiento.
- h) Organismos no gubernamentales que habitualmente construyen sistemas rurales de agua (CARE, Save the Children, OXFAM, Catholic Relief Services, etc.) para que luego sean autogestionadas por la propia comunidad.
- i) Capítulos Nacionales de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS).
- j) Informes de PNUD, UNICEF y OPS/OMS sobre el estado y la cobertura de los servicios de agua y saneamiento, que generalmente se realizan cada década.

## 5. Descripción de los daños

### a) Daños directos

El especialista en agua y saneamiento deberá describir los daños sufridos por cada uno de los sistemas o servicios que componen el sector, tal como se describe a continuación.

- i) Sistemas de agua potable. Para el caso de estos sistemas, habrá que determinar los daños siguientes:
  - Daños en infraestructura y equipos de sistemas urbanos, de preferencia desagregado por componentes.
  - Daños en infraestructura y equipos de sistemas rurales, de preferencia desagregado por componentes.
  - Pérdida de reservas (químicos, agua almacenada, repuestos, otros activos).
- ii) Sistemas de alcantarillado sanitario. Daños en infraestructura y equipos de sistemas urbanos, de preferencia desagregado por componentes.
  - Daños en infraestructura y equipos de sistemas rurales, de preferencia desagregado por componentes.
  - Pérdida de reservas (químicos, agua almacenada, repuestos, otros activos).
- iii) Recolección y disposición de la basura doméstica
  - Daños en infraestructura y equipos.
  - Daños en accesos a las viviendas o lugares de disposición final de la basura.
  - Impacto en vertederos.

23

### b) Daños indirectos

- i) Sistemas de agua potable. Se requiere la siguiente información:
  - Actividades asociadas a la rehabilitación (distribución de agua por camiones cisterna u otros medios, adquisición de equipos y maquinaria, reparaciones, cambios en los procesos de tratamiento de agua, uso de materiales e insumos guardados en *stock* para atender esta rehabilitación, horas extras de personal).
  - Disminución de la producción de agua potable (captación, tratamiento, almacenamiento, distribución).
  - Disminución de costos por funcionamiento parcial de los sistemas.

-Aumento de costos en la producción de agua.

-Pérdidas por ingresos no percibidos (por agua no facturada, suspensión del servicio, etc.).

-Seguros comprometidos.

ii) Sistemas de alcantarillado sanitario. La siguiente información es indispensable para la estimación de daños indirectos:

-Actividades asociadas a rehabilitación (trabajos de inspección de la red, adquisición de equipos y maquinaria, reparaciones, etcétera).

-Reducción de la capacidad en el tratamiento del agua suministrada.

-Aumento de costos en el tratamiento.

-Pérdidas por ingresos no percibidos.

-Seguros comprometidos.

iii) Recolección y disposición de la basura doméstica

24

-Reducción en la capacidad de recolección y disposición de desechos sólidos.

-Incrementos en los costos de recolección y disposición de desechos sólidos.

-Pérdidas por ingresos no percibidos.

-Seguros comprometidos.

## B. CUANTIFICACIÓN DE LOS DAÑOS Y PÉRDIDAS

### 1. Daños directos

Para facilitar el trabajo de cuantificación, se sugiere agrupar los daños de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- a) Identificación de los daños por sistemas.
- b) Sistema de agua potable.
- c) Sistema de alcantarillado sanitario.
- d) Recolección y disposición de basura doméstica.

- e) Dentro de cada ciudad y de cada sistema, se deben agrupar los daños por componentes o por subsistemas; por ejemplo, para un sistema de agua potable de una ciudad:
- Captaciones: captación A, captación B, etcétera.
  - Estaciones de bombeo: estación 1, estación 2, etcétera.
  - Plantas de tratamiento: planta 1, planta 2, etcétera.
  - Conductos principales hacia los estanques.
  - Tanques de almacenamiento: estanque A, estanque B, etcétera.
  - Red de distribución.
  - Otros, a especificar en cada caso.

Al sumar los subtotales anteriores se obtiene el costo de los daños totales del sistema de agua potable de cada ciudad.

Se elaborará una lista de los daños por sistemas (sistema de agua potable, de alcantarillado y de recolección de basura), agrupándolos a su vez por materiales, equipos u obras del mismo tipo. Se sugiere adoptar un procedimiento como el que sigue:

- a) Para cada componente dañado se hará una descripción resumida de sus características principales, tipo de daños y cantidad aproximada de obra o material afectado, en la unidad adecuada de medida.
- b) Para cada componente dañado, se indicará:
- i) El tipo de obra y/o material.
  - ii) El precio unitario de su construcción o reposición completa y nueva (PU).
  - iii) Se estimará el costo unitario de reparación, como un porcentaje (R%) del precio unitario anterior.
- c) La estimación del porcentaje (R%) de daños en algunas obras, materiales o equipos podría obtenerse directamente de la empresa prestadora del servicio o mediante una apreciación ponderada que considere: si la obra, material o equipo es susceptible de ser reparado o reconstruido parcialmente o si, debido a la magnitud de los daños, es indispensable reconstruirlo o reponerlo totalmente; si hay posibilidad de reparar los daños, se estimará el costo de esos daños como un porcentaje (R%) del costo total de dicha obra (parte de una obra, material o equipo); si hay que reconstruir o reponer totalmente la obra, se considerará  $R = 100\%$ .
- d) La estimación de los porcentajes R% podrá hacerse con base en las apreciaciones del personal competente del servicio responsable de cada sistema y/o en otras fuentes, pero la apreciación final será la que señale el especialista en agua y saneamiento a partir de la información que obtenga durante la misión.

Además de lo señalado en el punto anterior, debe considerarse la demolición o desarme y extracción de escombros. Para esto se sugiere:

- a) Considerar para cada componente (identificado según lo recomendado en el punto anterior) si la reconstrucción o reparación requieren o no de la previa demolición o desarme y extracción de escombros. Si así fuera, se indicará la cantidad aproximada de obra o material a demoler y a extraer, en la unidad adecuada de medida, que debiera ser, en lo posible, la misma unidad utilizada para cuantificar los daños de ese rubro.
- b) Indicar los trabajos o actividades principales que se consideren incluidos en “demolición (o desarme) y extracción de escombros”, pero un solo precio unitario global, que los incluya, en cada rubro.
- c) No obstante, habría que tener presente el grado de dificultad y costos que suponen diversas obras y materiales. Así, por ejemplo, habría que distinguir entre la “demolición” de un depósito de hormigón armado y el simple “desarme” de cañerías de cemento asbesto, cuyas uniones son más fáciles de desarmar (con lo que se posibilitaría, además, una recuperación parcial del material).
- 26 d) Si no se tiene posibilidades de realizar una estimación precisa de precios para este rubro, podría adoptarse un criterio similar al indicado en el punto anterior, estimando con una D% del precio unitario el costo de “demolición y extracción de escombros”. Sin embargo, esa D% no tiene por qué ser igual para los diversos rubros debido a la diferencia de grado de dificultad que implica la demolición o desarme.
- e) En caso de que, como resultado de demoliciones o desarmes, hubiera posibilidad de recuperar parte del material, ya sea para uso de la propia empresa o para su venta, se estimará el valor remanente como un porcentaje (V%) del precio unitario de dicho material nuevo. Estas sumas podrán restarse del costo de la “demolición, desarme y extracción de escombros”.

Si el desastre afecta directamente las bodegas u otras instalaciones donde se mantienen almacenados repuestos, químicos, reactivos, agua (tanques), etc., éstas deberán también evaluarse. El especialista del sector deberá considerar todas las fuentes disponibles relativas a cantidad y precios unitarios de los materiales en cuestión.

De forma general, los precios unitarios a considerar para la evaluación de los daños pueden basarse en los provenientes de estudios o listados de precios unitarios de uso normal del organismo responsable de dichos servicios y sistemas. En tal caso conviene indicar la fecha de los listados y, si es necesario, actualizarlos con coeficientes simples para corregir los efectos de la inflación y otros factores. Los precios unitarios pueden basarse también en los precios unitarios estimados en encuestas directas o fuentes locales idóneas, o en los “precios unitarios de comparación” recopilados para la región, que pueden servir para cotejarse con los de los dos puntos anteriores y usarse en vez de ellos, si se juzga necesario.

Cualquiera que sea el origen del listado o estimación de precios unitarios que se utilice, es necesario que en su elaboración se considere: el contenido de la mano de obra, el porcentaje de materiales de origen nacional y el de materiales de origen importado expresado en relación con el precio unitario. Esto último hará posible distinguir el monto total de daños directos, el valor de las importaciones y su efecto sobre la balanza de pagos.

Los sistemas de agua potable, alcantarillado y drenaje de aguas de lluvia abarcan una amplia diversidad de tipos de obras, materiales y equipos. El costo de algunas de estas obras es fácil de estimar sobre la base de listas de precios unitarios. Tal es el caso de las cañerías y los conductos de agua, cuyo precio unitario se puede expresar por metro lineal, ya sea de suministro de cañería o de instalación completa. En cambio, hay otro tipo de obras (las plantas de tratamiento de agua potable, por ejemplo) que constan de diversos componentes de distinta procedencia, tecnología y precio. En ese caso debe procederse a estimar su costo con base en un precio global de la planta.

## 2. Daños indirectos

Los efectos indirectos generalmente perduran a lo largo de todo el período de la reconstrucción, reparación y puesta en servicio normal de las obras. Incluyen la disminución de ingresos de las empresas de agua potable por menor facturación (al prestar menos servicios) y por pérdidas de agua debidas a daños directos aún no reparados, y los mayores costos de operación en que incurren las empresas de agua potable al realizar el abastecimiento provisional, el cual se lleva a cabo durante un tiempo variable, según la demora en la reconstrucción. Igualmente, se incluyen los efectos negativos sobre la salud. En relación con este último aspecto será preciso trabajar coordinadamente con el especialista en salud para evitar tanto duplicaciones como omisiones.

27

### a) Sistemas de agua potable

**i) Actividades de operación de rehabilitación.** Un desastre natural, según su magnitud, puede abarcar zonas muy amplias: ciudades de diversos tamaños, pueblos y áreas rurales. Lo aleatorio del propio desastre y la variabilidad de las situaciones a menudo requieren de una gama muy amplia de actividades para la rehabilitación de los servicios, que representan costos que cabría incluir como daños indirectos (además de la reparación de los daños directos). Entre esas actividades de rehabilitación cabe señalar:

- Reparaciones de tuberías mediante parches o encamisados de plástico, colocación de cañerías o conductos de desvío (*by-pass*) provisionales, así como el uso de válvulas y tuberías, por ejemplo, para desviar las fugas y evitar pérdidas de agua en cañerías dañadas.
- Uso de la reserva de equipos, materiales, químicos y reactivos.
- Aumento de la concentración de cloro en caudales que ya contenían este químico. Instalaciones de cloración para caudales sin cloro, así como para depósitos o estanques. Cloración preventiva de pozos profundos y someros, urbanos y rurales.

- Aprovechamiento temporal de otras captaciones de agua potable, por ejemplo, pozos profundos de industrias, comercios o campos deportivos. Se incluyen aquí las interconexiones hidráulicas a la red, el suministro de energía para los equipos de bombas, etcétera.
  - Habilitación de depósitos existentes para almacenar agua potable, tales como piscinas, depósitos de industrias, comercios, etc., Además: uso de depósitos de fibra de vidrio, de plásticos, etc., para almacenamiento y distribución de agua potable a la población.
  - Uso de camiones-cisterna, cisternas remolques, camiones con estanques superpuestos, etc., para distribuir agua potable a la población.
  - Actividades y maniobras para establecer, cuando sea necesario y posible, racionamiento temporal del agua en la red.
  - Maniobras hidráulicas para aumentar la presión en la red con el fin de evitar la contaminación del agua potable (indispensable a veces, aunque aumenten las pérdidas de agua por fugas).
  - Elaboración y entrega de instrucciones a la población acerca de las medidas de previsión para uso del agua (hervirla, por ejemplo), horarios de racionamiento, recorridos de camiones-cisterna, puntos de reparto de agua, etcétera.
  - Listas de precios para que la población pueda adquirir/comprar agua por otros medios.
- 28
- ii) **Estimación de costos de operaciones de rehabilitación.** Los distintos casos de desastres naturales y la variabilidad de su magnitud, combinados con la diversidad de situaciones regionales o locales, permiten vislumbrar apenas la amplia gama de actividades de rehabilitación que se habrán de requerir. Para una mejor estimación del costo de estas actividades, es necesario simplificar el problema agrupando los costos en un número limitado de rubros:
- Estimación de gastos extraordinarios en sueldos y salarios: Se incluyen aquí los costos señalados del personal profesional, técnico, administrativo y de operarios ocupados en las operaciones de rehabilitación. Para hacer la estimación se procederá como sigue, teniendo en cuenta que esta información algunas veces está ya analizada por las empresas prestadoras de servicios:
    - Hacer un listado simplificado de las categorías de personal ocupado en esas labores, indicando el costo unitario en cada categoría (hora-persona, día-persona o mes-persona, según corresponda).
    - Para cada categoría se estimará el "número de unidades-persona" requerido para las operaciones de rehabilitación, durante todo el período que éstas duren.

- Se multiplicarán los valores y se sumarán los totales parciales (con los valores y porcentajes proyectados).
  - Estimación de costos de trabajos materiales para obras y reparaciones. Este punto incluye un presupuesto estimado de los costos no incluidos en el punto anterior; por lo tanto, se refiere a materiales, fletes, combustibles, energía, etc., utilizados en las obras y reparaciones. Los equipos, maquinarias, cañerías y válvulas que se instalen en forma provisional se considerarán sólo en un porcentaje de su valor total, el cual incluirá una amortización (r%) estimada según el uso dado a dichos elementos en la rehabilitación. Para realizar la estimación de costos señalada se podrá hacer un listado de las principales obras materiales emprendidas: descripción resumida de cada obra material u otro costo material; cantidad aproximada de cada obra material o rubro; precio unitario de cada rubro; gastos generales, y utilidad (si la hay).
  - Estimación de costo por uso de captaciones que no son de propiedad del servicio público de agua potable. El uso de captaciones ajenas al servicio de agua potable para abastecimientos de emergencia implica gastos que se deberán afrontar según los convenios acordados.
  - Uso de camiones cisterna para distribución de agua. El reparto de agua por medio de camiones-cisterna puede ayudar en las áreas que carezcan de abastecimiento a través de la red pública. Para estimar su costo se puede considerar: camiones de diversos tipos contratados para repartir agua, a los que se les paga una tarifa/viaje según su capacidad de transporte.
- 29**
- iii) **Disminución de la producción de agua potable.** Se refiere a la disminución de la producción o captación normal de agua potable en las tomas o captaciones de uso habitual del sistema. Puede derivarse de diversos daños directos, tales como:
- Disminución de la capacidad de las fuentes de agua potable (debido a sequía, por ejemplo).
  - Contaminación de las fuentes.
  - Daños producidos en las obras, plantas, maquinaria o equipos de captación.
- iv) **Disminución de la capacidad de conducción de agua potable.** Por daños en cañerías u otro tipo de conductos principales que llevan el agua captada a las ciudades o a las instalaciones intermedias (como plantas de tratamiento, plantas de elevación, tanques de almacenamiento, etc.) y que afectan la capacidad de conducción total del sistema; daños en las cañerías o conductos secundarios y/o redes de distribución, que afectan parcialmente la capacidad de conducción del agua potable; daños en conexiones domiciliarias y/o redes interiores de edificios, viviendas, industrias, mercados, etc., y que afectan en forma local o domiciliaria la capacidad de conducción y entrega de agua potable y daños en plantas elevadoras necesarias para la conducción total o parcial del sistema.

- 30
- v) **Disminución de la capacidad de regulación y/o almacenamiento de agua potable.** La menor capacidad de regulación disminuye a su vez la capacidad de abastecer el consumo en horarios variables, lo que afecta más las demandas máximas y produce pérdidas de agua no almacenada debido a daños a los depósitos de regulación y/o almacenamiento principalmente de sistemas que afectan todo el abastecimiento de agua; daños en tanques secundarios, en tanques menores, industriales, comerciales o domiciliarios, entre otros.
  - vi) **Disminución del consumo de agua potable.** El consumo de agua potable en las ciudades y poblados afectados puede disminuir o desaparecer como resultado de los daños señalados en los puntos anteriores, o debido a que la población ha sido desplazada a otros lugares. Lo más probable es que ocurra una combinación de ambos, lo que resultaría en una disminución del suministro de agua potable, menor presión en el servicio e, incluso, menor control sanitario, y obligaría a la población a hervir el agua antes de su consumo directo. Si por efecto del desastre quedan dañadas las viviendas, el consumo de agua potable a veces también disminuye sin que haya habido daños directos en el sistema de abastecimiento. Es evidente que la disminución del suministro y la disminución del consumo se traducirían en menor facturación y en un menor ingreso de los servicios correspondientes.
  - vii) **Aumento de costos en la producción de agua.** Estos incrementos provienen principalmente de: aumentos en el costo de producción por metro cúbico de agua debidos, por ejemplo, a un incremento por encima de lo normal de la elevación de las captaciones existentes; un mayor costo de operación en las captaciones utilizadas para reemplazar (total o parcialmente) las de uso normal; un aumento del volumen de producción diaria de agua para compensar pérdidas anormales en las conducciones; un mayor costo de la energía y de otros insumos, o una combinación de los puntos anteriores.
  - viii) **Pérdidas por ingresos no percibidos (por agua no facturada, suspensión del servicio, etc.).** Para estimar el monto de una menor facturación (disminución probable de agua vendida a los consumidores de ciudades y pueblos incluidos en la zona del desastre) es necesario ponderar el efecto de los factores principales que determinan un menor volumen de agua consumida a través del sistema normal de abastecimiento.
  - ix) **Impactos en la salud de la población (por no contar con los servicios de agua, en la cantidad, así como con la calidad y continuidad adecuadas).** El impacto sobre la salud, particularmente de los niños y los ancianos, puede variar mucho. Los efectos se contabilizan en el marco de la evaluación del sector salud, ya que es este sector el que debe atender a las personas que han visto afectada su salud a consecuencia del deterioro de las condiciones sanitarias en razón del daño a los servicios de agua y saneamiento.

b) **Sistemas de alcantarillado sanitario**

i) Daños indirectos en el sistema de alcantarillado sanitario y de agua de lluvias.<sup>1</sup> En estos sistemas se pueden producir tres tipos principales de daños indirectos:

**-Aumento del nivel de riesgos sobre la salud y disminución de la calidad de vida.** Además de la disminución del nivel de higiene que resulta de la falta de agua potable, la ausencia de alcantarillado supone un serio riesgo a la salud de la población, debido a la combinación de diversos factores:

-No se podrá usar el alcantarillado sanitario en las áreas que hayan quedado sin servicio de agua potable debido a que el agua es indispensable para arrastrar las excreciones y las aguas suministradas.

-Las roturas y atascamientos en la red de alcantarillado probablemente harán aflorar las aguas suministradas a la superficie de las calzadas, lo que aumenta el riesgo de enfermedades y aun de epidemias, por contaminación directa o por la acción de vectores.

-Los problemas que ocurran en las plantas de tratamiento de las aguas suministradas pueden derivar en mayor contaminación del curso de agua en que esos alcantarillados se descargan.

-Riesgos de inundaciones por lluvia en caso de que se produzcan precipitaciones con el drenaje pluvial todavía dañado.

**-Actividades y maniobras requeridas para las operaciones de rehabilitación.** Entre las muy diversas actividades necesarias para rehabilitar el sistema pueden señalarse las reparaciones de tuberías, la colocación de tuberías o alcantarillas provisionales, y la realización de zanjas de desagüe, etc. Deben incluirse también las maniobras de válvulas, compuertas y otras instalaciones, para desviar el escurrimiento, por ejemplo, de plantas de bombas de aguas servidas o de aguas de lluvia, así como de las instalaciones de bombas de elevación de aguas suministradas para desaguar plantas, cámaras o zanjas inundadas.

Los costos de las maniobras y obras de rehabilitación de cualquier tipo para el alcantarillado se estimarán en la misma forma ya indicada para el agua potable.

31

---

<sup>1</sup> Según las ciudades, puede haber sistemas combinados en que las mismas tuberías sirven para alcantarillado sanitario y de aguas de lluvia, o sistemas separados, o ambos.

- **Menores ingresos por facturación de alcantarillado.** La forma en que el desastre afectará la facturación correspondiente al alcantarillado sanitario depende de la modalidad con que esa facturación se hace habitualmente en las ciudades afectadas. En los casos en que el cobro de alcantarillado sea un porcentaje de la facturación de agua potable, el procedimiento de cálculo podría ser el siguiente:

$I_t$  = menor facturación total en agua potable en la ciudad, a obtener de ecuación.  
 $a\%$  = porcentaje (%) en el que se recarga la factura de agua potable para pagar el servicio de alcantarillado.  
 $S\%$  = porcentaje de los habitantes que tienen agua potable y alcantarillado en relación con el total de habitantes con agua.

Entonces, la menor facturación de alcantarillado será:

$$Df_a = I_t \times (a\%) \times (S\%)$$

Sin embargo, puede haber, además, otros habitantes que no puedan usar su servicio de alcantarillado por roturas en este último; éste podría estimarse como un porcentaje ( $Z\%$ ) adicional al señalado, de modo que:

$$Df_a = (Z\%) \times (\text{facturación normal del alcantarillado})$$

**32** Cuando el cobro es una cuota fija por conexión al alcantarillado, la estimación puede hacerse considerando el menor cobro, como un porcentaje del total global de la ciudad.

Sea:  
 $F_a$  = total mensual facturado por alcantarillado para toda la ciudad  
 $F_a/30$  = facturación media diaria  
 $g\%$  = porcentaje estimado de no cobro por el desastre  
 $p$  = número de días del período con servicio irregular

Luego:

$$Df_a = (g\%) \times p \times (F_a/30), \text{ en dólares/período}$$

En los casos en que no haya cobro por el servicio de alcantarillado naturalmente no puede haber disminución del ingreso correspondiente.

### C. EFECTOS MACROECONÓMICOS

En este acápite se señalan los elementos, información, antecedentes y procedimiento para hacer las estimaciones necesarias para la evaluación de los efectos del desastre en el sector agua potable y alcantarillado sobre las variables macroeconómicas del país afectado.

## 1. Efectos en el producto interno bruto

### a) Menor volumen de producción

Se refiere al menor volumen de producción de agua ocurrida desde el momento del desastre y a la menor producción prevista (en calendario) durante el período de reparación de los daños y de recuperación de la capacidad productiva normal. Para los efectos del cálculo, la disminución de la producción debiera estimarse como la menor cantidad de agua facturada y un posible aumento en el valor de los servicios, ya que normalmente puede haber volúmenes producidos que no llegan al consumidor debido a fugas en las redes o por otras causas. Para hacer este cálculo se sugiere proceder de la siguiente manera:

Con la información disponible, se estiman los menores ingresos por menor facturación registrados desde el desastre hasta el período considerado.

De acuerdo con la importancia y características de los daños directos (señalados anteriormente), y según la capacidad de las empresas de agua potable correspondientes (capacidad financiera y de trabajo de reparación y reconstrucción), se podrá hacer una estimación del tiempo necesario para normalizar la producción y la facturación.

Con estos antecedentes se recomienda hacer un cuadro que incluya:

- i) El menor volumen de agua potable facturado mensual, ocurrido desde el desastre y previsto para los meses futuros.
- ii) Las variaciones en los precios promedio de venta al público de ese volumen.
- iii) El menor ingreso mensual por facturación ocurrido y previsto.
- iv) La variación de costos por el hecho de que la población tenga que adquirir agua por otros medios.
- v) Si el desastre abarca varias empresas o ciudades, convendría hacer cuadros separados para cada una de ellas.

33

### b) Apreciación del comportamiento del sector previsto antes del desastre

Sería preferible que el especialista en macroeconomía disponga de estos antecedentes a nivel nacional, si es posible, y especialmente del área afectada. En las ciudades de América Latina y del Caribe por lo general sólo se tienen estimaciones sobre los volúmenes captados y producidos o perdidos por fugas en las redes. Por este motivo puede ser más práctico estimar el PIB del sector a partir de los volúmenes facturados a los consumidores. Por lo tanto, se sugiere:

- i) Consultar las cuentas nacionales y las de las instituciones nacionales responsables a nivel global del sector para obtener, si fuera posible, datos de la evolución del PIB en los últimos cinco años y la apreciación de parte de los funcionarios responsables sobre el comportamiento del sector prevista para el año en curso antes que ocurriera el desastre.
- ii) Considerar cambios de estrategias en el sector para recuperar la cobertura afectada por el desastre y continuar con los procesos de expansión.

## 2. Inversión bruta

En este punto se trata de identificar los principales tipos de efectos sobre diversos puntos que se describen a continuación.

a) **Proyectos en curso y otras inversiones previstas, que deban suspenderse o postergarse, o cuyos fondos deban reorientarse para atender las necesidades a raíz del desastre.**

Esta información deberá resumirse en un cuadro que señale los principales proyectos afectados y la inversión para cada uno. Se estimará, por último, la disminución de la inversión prevista en cada proyecto debida al desastre, para el año en curso y para los siguientes.

34

### b) Pérdidas de existencias

En este caso deberá hacerse un cuadro de las pérdidas de existencias, tales como agua acumulada en tanques y/o presas; químicos y reactivos para el tratamiento del agua, y pérdidas de materiales y repuestos almacenados y/o disponibles en obras que estaban en ejecución.

### c) Necesidades de inversión para reconstruir y reparar los daños

Los antecedentes para este punto provendrán, básicamente, de los listados y la evaluación de daños directos (señalados anteriormente), de donde se pueden obtener costos totales y subtotales de los daños. A partir de esa información se podría elaborar un cuadro con:

- i) Un listado de las obras dañadas, agrupadas por sistemas y subsistemas (y obras principales), en el que se indique el costo global de los daños sufridos por cada uno. Este listado debería identificar por separado las obras correspondientes a las diferentes ciudades y empresas (en el caso que en una misma ciudad haya más de una empresa responsable del servicio) y también separar lo urbano de lo rural.

ii) Las inversiones previstas en los años siguientes para reparar dichos daños.

La inversión prevista debe reflejar la urgencia relativa de las respectivas obras, la capacidad de ingeniería de las empresas y del país, y las posibilidades de financiamiento. En especial, deberá ponderarse, por una parte, la capacidad nacional de realización de proyectos en relación con la demanda extraordinaria y, por la otra, la capacidad de abastecimiento de los insumos necesarios para la reconstrucción. En este último aspecto se recomienda relacionar la demanda extraordinaria derivada del desastre y la capacidad normal de fabricación nacional o de importación.

Se sugiere que el especialista en agua y saneamiento señale en forma específica lo que a su juicio fomentará o limitará la reconstrucción y reparación de los daños, y que haga (dentro de las limitaciones de tiempo y de información) las recomendaciones pertinentes.

### 3. Efectos en la balanza de pagos

Se refiere a los antecedentes que debiera proporcionar el especialista en agua y saneamiento para permitir que el especialista en macroeconomía pueda estimar los efectos del desastre en la cuenta corriente de la balanza de pagos, incluyendo los siguientes aspectos:

#### a) Menores exportaciones de bienes y servicios

35

Es muy rara la exportación de agua potable, por lo que este rubro comúnmente no figuraría. Si un país exporta servicios de ingeniería relacionados con este sector podría ocurrir que la mayor demanda interna, determinada por el desastre, disminuyera o anulara la capacidad de exportación de dichos servicios, durante cierto plazo. El valor de esa menor exportación de servicios podría expresarse de la forma siguiente:

M\$ <sub>s</sub>	=	menor valor de exportación de servicios, en un plazo dado.
M\$ <sub>0</sub>	=	menor valor de exportación de servicios, en el año del desastre.
M\$ <sub>1</sub>	=	id. en el año siguiente al desastre.
M\$ <sub>2</sub>	=	id. en el segundo año siguiente al desastre.

Por lo tanto:  $M\$s = (M\$0 + M\$1 + M\$2)$

#### b) Mayores importaciones

Para estimar el valor de este rubro se deberán considerar las importaciones necesarias durante el proceso de reconstrucción y reparación de los daños directos. Éstas se estiman a partir de la suma de los componentes importados para cada uno de los rubros que correspondan, y que ya deberían haberse inventariado y evaluado como se indicó anteriormente.

Para estimar las mayores importaciones, deberá utilizarse el siguiente procedimiento:

Idd	=	mayores importaciones por daños directos
Idd0	=	id. durante el año del desastre
Idd1	=	id. durante segundo año después del desastre
Idd2	=	id. durante el segundo año (etc.) después del desastre (si existen)

Se tiene:  $Idd = Idd0 + Idd1 + Idd2$

#### c) Donaciones

Se incluyen en este rubro las donaciones en especie, equipos, materiales y maquinaria que pueda recibir el sector como parte de la ayuda internacional después del desastre. Aunque es probable que se concentren en el período siguiente al desastre (año 0), convendrá indicar si se prevé recibir donaciones en los años siguientes.

#### d) Reducción en el pago de intereses

En el caso de que, debido al desastre, hubiera una reducción en el pago de intereses de la deuda contratada por el sector, se sugiere anotarla.

#### e) Seguros y reaseguros

**36** Con frecuencia las obras y los sistemas afectados estarán protegidos por seguros, los cuales cubren tanto el patrimonio como los ingresos por funcionamiento. En tal caso, será preciso determinar o estimar el monto de los reintegros anticipados proveniente de dichos seguros, así como el monto de los reintegros de las empresas reaseguradoras del exterior, ya que esos montos tienen un impacto positivo sobre la balanza de pagos.

### 4. Las finanzas públicas

El desastre puede afectar las finanzas públicas en diversas formas que se describen en seguida.

#### a) Menores impuestos por menor producción de bienes y servicios

Si las cuentas de agua y alcantarillado están afectadas por algún impuesto y, como consecuencia del desastre, disminuye la facturación de las empresas correspondientes, se reducirá también el ingreso fiscal o municipal derivado de este rubro. Para estimar este valor, convendría basarse en:

- i) Las estimaciones hechas según el punto: “Menores ingresos por menor facturación y por pérdidas de agua”.
- ii) Consultas con las empresas de agua potable sobre el porcentaje (p%) de dichos impuestos y su monto.
- iii) Combinando los datos anteriores se podría estimar el valor de los menores impuestos y expresarlos como se indica:

$Mi = Mi0 + Mi1 + Mi2 =$  menores impuestos años 0, 1 y 2.

#### b) Menores ingresos de las empresas públicas

La menor facturación, por menor venta de agua, indicada en el punto anterior, implica un menor ingreso para las empresas afectadas.

Se tendría:

$$Mf = Mf0 + Mf1 + Mf2 = \text{menor facturación años 0, 1 y 2.}$$

#### c) Mayores gastos por inversión en reconstrucción de obras y reparación de daños.

La información para este aspecto de las finanzas públicas se puede obtener, prácticamente completa, a partir de cuadros similares incluidos en el ejemplo anterior, relativos a la inversión bruta.

Si  $Mgi$  = mayores gastos por inversión; se tendría:

$$Mgi = Mgi0 + Mgi1 + Mgi2 = \text{id. año 0 + año 1 + año 2}$$

### 5. Precios e inflación

Los daños producidos por el desastre podrían influir o no en una variación de los precios del agua o de los materiales de construcción requeridos por este sector para reparar los daños. Eso dependerá de diversos factores, empezando por la magnitud del desastre y la cantidad de los daños.

37

#### a) Posibilidades de variación del precio del agua

Existen diferentes causas que pueden hacer variar el precio o las tarifas por la prestación de este servicio, tales como:

- i) Que el costo de producción del agua se modifique por la necesidad de cambiar el lugar o tipo de captación, el tipo o tipos de plantas de tratamiento, la conducción o elevación del agua, o la disminución del nivel de la capa de agua subterránea.
- ii) En caso de que la diferencia de costos, respecto de los anteriores al desastre, sea absorbida por la empresa a través de subsidios, esto no modificará el precio al público.

La información sobre estos aspectos debería proporcionarla la empresa responsable del servicio correspondiente. Sin embargo, es improbable que a tan escaso tiempo de producido el desastre se tenga alguna certeza sobre varios de esos factores, por lo que la estimación de precios futuros tendrá que hacerse con base en sus posibles tendencias. Si como resultado de los factores señalados el costo aumentara, deberá indicarse la relación entre el nuevo costo por metro cúbico y el anterior, o indicarse cuál podría ser la variación que se espera en el nuevo precio al público.

#### b) Posibles efectos sobre los precios de los materiales de construcción

Tales efectos son factibles debido a que la demanda del material de construcción se verá incrementada no sólo en este sector, sino para reparar los daños producidos en los demás. Por ello el examen de esta situación debe hacerse en conjunto con el grupo de especialistas de la misión de evaluación.

Desde el punto de vista del sector de agua potable y alcantarillado sería útil disponer de una estimación sobre la mayor demanda de los principales materiales que implicará su reparación y reconstrucción durante los años siguientes al desastre. Asimismo, conviene tener idea de la capacidad de producción nacional, en relación con la mayor demanda, y la capacidad de importación de dichos materiales, y considerar si el gobierno aplicará o no un control sobre el precio de los mismos.

#### 6. Posible efecto sobre el empleo

Como en el caso del sector energía, debido al uso creciente de tecnología y equipos, el sector de agua y saneamiento emplea una limitada cantidad de personal para las operaciones de sus redes. Por tanto, es probable que el efecto que el desastre tenga en el empleo y en los ingresos de los trabajadores sea reducido. En realidad, el ingreso de los trabajadores de las empresas que prestan el servicio puede incrementarse durante el período de rehabilitación debido al pago de horas extra.

**38** El especialista del sector de agua y saneamiento debe trabajar en estrecha cooperación con el responsable de empleo del equipo evaluador para estimar los efectos generales que el desastre pueda tener en el empleo y los ingresos, asegurándose que las cifras del sector de agua y saneamiento estén debidamente incluidas, y no duplicadas, en la recapitulación final de daños.

Para hacer estimaciones a este respecto será preciso considerar los siguientes factores:

#### a) Efectos debido al reemplazo de instalaciones e infraestructura

Dado que el suministro de agua es vital para la población, las instalaciones destruidas deberán repararse cuanto antes. Sin embargo, es posible que la tecnología y el diseño de la nueva infraestructura requiera, para su construcción, operación y mantenimiento, una cantidad de personal diferente de la anterior. De juzgarse relevante, dicha diferencia deberá incluirse.

#### b) Efectos durante el proceso de reconstrucción y reparación.

Los requerimientos necesarios durante la fase de emergencia escapan de los objetivos de esta evaluación. Cabe señalar aquí los posibles impactos sobre el empleo durante el proceso de reconstrucción:

- i) Es posible que el nivel de empleo permanezca igual debido a que se suspenden otros proyectos y trabajos.
- ii) Que aumente por el personal necesario para reconstrucción y reparaciones y debido a que no se disminuyen los proyectos y actividades normales.

- iii) Que se produzca una situación mixta, porque se postergan sólo algunos de los proyectos que estaban programados antes del desastre, pero no todos.

Cualquiera de estas tres situaciones se producirán dependiendo de las decisiones gubernamentales y de las empresas de agua potable. Por lo tanto, será en esos niveles donde el especialista en agua y saneamiento deberá obtener los antecedentes necesarios para estimar las variaciones previstas en el empleo para los años 0, 1 y 2 (en caso de que los trabajos requieran más tiempo habría que agregar otros años).

El nivel de empleo requerido y los plazos señalados en este punto deberán ser coherentes con los planteados en la sección sobre necesidades de inversión para la reconstrucción.

## D. OTROS EFECTOS

### 1. Efectos en el medio ambiente

El impacto de un desastre sobre el recurso del agua, en términos de disponibilidad y calidad, provoca cambios ambientales con efectos negativos para la salud y bienestar de la población. Lo mismo sucede con los problemas de saneamiento generados por fallas en el sistema de tratamiento de aguas servidas o el de recolección y disposición de desechos sólidos. Estos temas se abordan también en la sección ambiental, aunque la estimación de la mayor parte de los costos es responsabilidad del especialista en agua y saneamiento. Es necesario, por tanto, que este especialista y el especialista ambiental se coordinen con el objeto de, por una parte, recabar toda la información correspondiente al sector y, por la otra, evitar que se produzcan duplicaciones.

39

### 2. Efectos diferenciales en las mujeres

Cualquier daño a los sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas rurales y urbanas marginales tiene un efecto diferencial en la mujer, ya que son ellas, dentro de la familia, las encargadas de la recolección de agua para el consumo doméstico en los lugares que no cuentan con conexiones a red.

En el caso de contaminación o sedimentación de pozos poco profundos o manantiales, las mujeres deberán incrementar su tiempo y esfuerzo para el abastecimiento de agua, ya que será necesario acudir a fuentes localizadas a mayor distancia del hogar.

Como se describe detalladamente en la sección sobre el impacto diferencial de los desastres en las mujeres (quinta parte de este manual), existen encuestas de campo especialmente diseñadas para determinar el incremento del tiempo de trabajo especialmente diseñadas para determinar el incremento del tiempo de trabajo productivo de la mujeres en estas situaciones. El especialista de agua y saneamiento deberá trabajar en estrecha colaboración con el especialista en género para valorar esta sobrecarga de trabajo en las mujeres.

## Anexo VIII

### ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR EL TERREMOTO DEL 13 DE ENERO DE 2001 EN EL SALVADOR SOBRE EL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO <sup>2</sup>

El día 13 de enero de 2001 tuvo lugar un sismo de magnitud 7.6 en la escala de Richter en El Salvador. Su epicentro se localizó frente a la costa del Pacífico, aproximadamente a 100 kilómetros al suroeste de la ciudad de San Miguel. Si bien el sismo se sintió en todo el territorio nacional, así como en algunos países vecinos, los departamentos donde se reportó la mayor cantidad de daños fueron los de Usulután, La Paz y San Vicente.

El terremoto estuvo acompañado por una gran cantidad de réplicas de magnitudes considerables y afectó significativamente a la población de menores ingresos del país en aspectos tales como vivienda, servicios básicos, educación, acceso a los servicios de salud, etc. Igualmente afectados se vieron los sectores productivos y la infraestructura básica del país.

40 La mayor cantidad de información para la evaluación de este sector la proporcionó la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la OPS/OMS y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

#### 1. Sector agua potable y saneamiento

Antes del terremoto el sector de agua y saneamiento de El Salvador contaba con una cobertura de suministro de agua potable para el 86.8% de la población urbana (2 951 565, habitantes) y para el 25.3% de las zonas rurales (830, 130 habitantes). Los servicios de saneamiento cubrían al 85.9% (2 727 160 habitantes) y el 50.3% de las poblaciones urbana y rural, respectivamente.<sup>3</sup>

La desagregación anterior representa niveles de cobertura generales (urbana y rural) de 60.4% en servicios de agua y de 68.3% en servicio de saneamiento. Dichos servicios lo prestan la ANDA, los municipios, el Ministerio de Salud y ONG locales e internacionales. Estas dos últimas orientan su acción a cubrir la demanda en zonas rurales principalmente.

---

<sup>2</sup> CEPAL (2001), *El terremoto del 13 de enero de 2001 en El Salvador. Impacto socioeconómico y ambiental*, (LC/MEX/L.457), México, 21 de febrero.

<sup>3</sup> Dirección de Planificación (1999), *Boletín estadístico* No. 21, San Salvador, ANDA; OPS/OMS-UNICEF (2000), *Evaluación global de los servicios de agua y saneamiento. Informe analítico*, San Salvador, julio.

a) **Sistemas de agua potable**

Según los informes de daños elaborados por la ANDA, en los sistemas urbanos los componentes más afectados por el sismo fueron los tanques de almacenamiento y distribución, que sufrieron distintos tipos de daño, tales como: grietas en los muros, elementos portantes (vigas, columnas) y asentamientos de aquellos depósitos construidos a nivel del terreno.<sup>4</sup>

Asimismo, en el área metropolitana de San Salvador y en otras zonas cubiertas por la ANDA se reportaron daños de distinta consideración en las captaciones de pozos y estaciones de bombeo. Por otra parte, los taludes inestables y los deslizamientos produjeron la rotura de líneas de conducción, especialmente en pasos de quebradas, lo cual provocó la suspensión del suministro de agua por días y hasta semanas en algunas localidades antes de su rehabilitación. Si bien se reportaron daños en sistemas eléctricos y plantas de tratamiento, la mayoría de los mismos fueron rehabilitados rápidamente para el restablecimiento del servicio.

Lamentablemente, no se pudo obtener información sobre la afectación de los servicios que administran y operan algunas municipalidades.

En relación con los sistemas rurales de agua potable se reportaron daños de diferente magnitud en 32 de los aproximadamente 400 sistemas, en los cuales los principales daños fueron de desacople y rotura de líneas de conducción, ubicadas especialmente en suelos inestables, taludes y pasos de quebrada. Asimismo, la destrucción de las paredes de algunos pozos hizo necesaria su limpieza o la identificación de nuevas fuentes de abastecimiento. Se estimó que se debían rehabilitar o reconstruir aproximadamente 10 400 pozos familiares, ubicados generalmente en zonas rurales y urbanas marginales.

41

Según la información suministrada por la ANDA y otras instituciones del sector, debido al desastre la población urbana que quedó temporalmente sin servicio de agua ascendía a aproximadamente 500 000 habitantes, lo que representaba un 15% de la población que ya contaba con este servicio. En el sector rural el sismo afectó a 75 626 habitantes<sup>5</sup> lo que equivale a que el 9.1% de la población rural que contaba con este servicio haya visto suspendido o interrumpido el suministro de agua.

Durante el período de la emergencia se procedió a la distribución de agua debidamente clorada mediante camiones cisterna, así como a la instalación de plantas potabilizadoras portátiles en los sectores desabastecidos. Hacia el 8 de febrero se habían distribuido 18 968 metros cúbicos de agua mediante el uso de los camiones cisterna.

---

<sup>4</sup> ANDA, Información preliminar de agua potable y alcantarillado sanitario a nivel nacional – Ocasionado por el sismo del 13/01/2001, El Salvador, 2001.

<sup>5</sup> ANDA, Gerencia de Sistemas Rurales, Informe de daños a sistemas rurales de agua potable hasta el 29/01/2001, El Salvador, 2001.

Al tiempo que se adoptaban las medidas de emergencia anteriormente mencionadas, la ANDA, las municipalidades y las juntas administradoras de agua trabajaron en la rehabilitación de los sistemas dañados, asignando prioridad a las obras en aquellos sistemas que abastecen a poblaciones urbanas, así como a los sistemas rurales; en este caso, las propias juntas administradoras de agua o la ANDA cubrirían el costo de reparación de los daños. Las obras de rehabilitación sólo buscaban reponer el servicio a la brevedad posible, por lo cual algunas de las reparaciones efectuadas incrementaron los niveles de vulnerabilidad.

#### b) Sistemas de saneamiento

Si bien la ANDA no reportó daños en los sistemas de alcantarillado sanitario, se estimaba que los posibles daños en este tipo de sistemas irían apareciendo en la medida en que las líneas de alcantarillado fueran volviendo a su funcionamiento normal. Dependiendo de la ubicación del tendido de las líneas de alcantarillado respecto de las redes del servicio de agua potable, podía llegar a producirse la contaminación de los servicios de agua potable.

42 En el sector rural y urbano marginal, donde predominaban las letrinas como sistema de saneamiento, éstas experimentaron daños de consideración o destrucción total, especialmente en aquellas localidades más afectadas por el sismo. De acuerdo con estimaciones realizadas con la información disponible sobre viviendas destruidas en zonas rurales y los niveles de cobertura de los servicios de saneamiento en las mismas, se estima que se dañaron aproximadamente 63 000 letrinas.

#### c) Recolección de basura domiciliaria

La recolección de basura la realizaron por las municipalidades y no fue posible obtener información sobre el estado de funcionamiento del servicio. El COMURES (Consejo de Municipalidades de la República de El Salvador) recopilaría esta información en el futuro.

Las estimaciones realizadas indican que el monto de los daños directos a los sistemas de agua y saneamiento en todo el país ascendería a 13.1 millones de dólares, en tanto que los indirectos —que comprenden mayores gastos y menores ingresos en las empresas del sector— sumarían 3.3 millones más. Así el monto total de los daños ascendería a 16.3 millones de dólares. Cabe señalar que para la atención de las tareas de emergencia se contó con un aporte por el valor de un millón de dólares proveniente de la comunidad internacional. Por otra parte, al reducirse el suministro de agua debido a los daños en los sistemas, se produciría un ahorro en el subsidio estatal que recibe la ANDA por un monto estimado de 525 000 dólares.

Cuadro 2

Concepto	Daño total	Daño directo	Daño indirecto	Efecto sobre balanza de pagos
<b>Total</b>	<b>16,340.0</b>	<b>13,062.0</b>	<b>3,278.0</b>	<b>8,500.0</b>
<b>1. Sistemas urbanos</b>	<b>8,363.0</b>	<b>6,200.0</b>	<b>2,163.0</b>	<b>5,000.0</b>
- Daño infraestructura <sup>a</sup>		6,200.0		
- Atención emergencia <sup>b</sup>			663.0	
- Menor ingreso			1,500.0	
<b>2. Sistemas rurales</b>	<b>7,977.0</b>	<b>6,862.0</b>	<b>1,215.0</b>	<b>3,500.0</b>
- Daño sistemas rurales de agua		362.0		
- Atención emergencia			1,215.0	
- Daño en pozos		500.0		
- Daño en letrinas		6,000.0		

a/ Los costos de reconstrucción incluyen la rehabilitación de edificios institucionales dañados por el sismo.  
 b/ Incluye el aumento en gastos operacionales.

### III. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

#### A. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se centra en la evaluación del impacto de los desastres sobre el transporte y las comunicaciones de un país o una región, con énfasis especial en el transporte vial y su infraestructura, debido a que éste ha sido el subsector más afectado en los eventos analizados por la CEPAL en los últimos 30 años. No obstante, también se abordan los subsectores de telecomunicaciones e infraestructura costera.

Aunque resulte obvio, debe tenerse en cuenta que un manual de esta naturaleza no puede abarcar toda la variedad de daños que sufre el sector de transporte y comunicaciones como consecuencia de un desastre, debido tanto a las características distintas de los fenómenos que los originan como a las diferencias en infraestructura y servicios entre uno y otro país. Por ello, este manual presenta el procedimiento general de evaluación para el sector, y el especialista en el tema debe adaptarlo a las condiciones específicas de cada caso.

Resulta de utilidad señalar que para el caso del transporte y las comunicaciones, en particular —pero también en general para los demás sectores, aunque con grado de intensidad variable—, es especialmente importante llevar a cabo la evaluación una vez que la etapa de la emergencia propiamente dicha haya sido superada, ya que durante ésta el personal encargado de las evaluaciones está por lo general ocupado tratando de resolver problemas de mayor urgencia, además de que no dispone de información suficiente para iniciar la evaluación. Por otra parte, para que la evaluación sobre el sector sea enteramente objetiva, es necesario asegurarse de que el fenómeno natural haya realmente concluido. Por ejemplo, a un terremoto le siguen réplicas que a veces provocan daños adicionales de consideración; o suele suceder que las inundaciones son tan prolongadas —como en el caso del fenómeno El Niño en los países costeros de Sudamérica— que cuando se realiza la evaluación todavía no bajan completamente las aguas y algunos de los daños no son aún evidentes.

Una vez iniciada la misión, el especialista en transporte y comunicaciones debe reunirse con sus contrapartes en el país o región donde haya ocurrido el desastre —lo que debería incluir a representantes de los organismos de defensa civil o su equivalente, el Ministerio de Obras Públicas o de Transportes, las municipalidades afectadas, etc.—, con el propósito específico de:

- 1) Obtener información pormenorizada de las características del desastre.
- 2) Determinar los límites geográficos de los daños ocurridos en el sector.
- 3) Identificar la o las dependencias administrativas que tengan a su cargo la infraestructura de transporte y comunicaciones, sean estas públicas o privadas.
- 4) Establecer los contactos iniciales con los funcionarios de los organismos locales que puedan ser de utilidad para realizar el relevamiento de la información básica que permita llevar a cabo la evaluación del impacto ocasionado por el desastre.

44 Las reuniones periódicas de coordinación de los integrantes de la misión permitirán además al especialista en este sector recibir de los demás especialistas información que le pueda ser de utilidad para su trabajo, así como asegurarse de que no exista duplicación en las estimaciones con algunos sectores. Este último punto es de especial importancia en relación con el sector transporte, que al estar al servicio de la agricultura y la industria, da pie al doble conteo de costos.

Las visitas a las zonas afectadas son de un valor inestimable para la evaluación. Al principio de la misión, las autoridades por lo general le facilitan al especialista fotografías aéreas de las zonas afectadas, lo cual le permite hacerse una idea inicial de los daños sobre su sector. Sin embargo, para la evaluación en sí es indispensable la visita al terreno, que a veces se dificulta por la caída de puentes, la socavación de plataformas, el anegamiento de caminos, etc. Lo anterior se resuelve, al menos en parte, mediante un sobrevuelo —en helicóptero o avioneta— de la zona afectada, complementado con recorridos terrestres de aquellas zonas que sí sean transitables.

## B. CUANTIFICACIÓN DE LOS DAÑOS

### 1. La red vial y el transporte terrestre

Con frecuencia los daños que ocasionan los desastres a la red vial se cuentan entre los más serios. Por ello las autoridades nacionales o locales realizan al menos una primera estimación de los daños directos a la infraestructura, que por lo general incluye costos de: a) reparaciones de emergencia para restablecer un mínimo de comunicación y acceso; b) rehabilitación de la infraestructura hasta lograr condiciones similares a las que tenía —o las que tendría en caso de habersele dado un adecuado mantenimiento— antes del desastre, y c) mejoras tales como nuevas desviaciones o la construcción de nuevos puentes con mejor iluminación en comparación con los que resultaron destruidos.

Los costos correspondientes a las primeras dos categorías son directamente atinentes a la evaluación de los daños directos ocasionados por el desastre, en tanto que los de la última son valiosos para fines de la formulación de proyectos de reconstrucción, tema con el cual el especialista en transporte y comunicaciones también se va a ver involucrado con posterioridad a la evaluación de los daños.

A la evaluación sobre daños directos realizada por las autoridades nacionales o locales es preciso darle siempre una revisión cuidadosa, por cuanto puede no ser completa o enteramente fiable. Ello se debe a que:

- a) La inaccesibilidad de algunos tramos de la red vial podría haber impedido que se evaluaran tramos ubicados aguas arriba de una sección que ha quedado intransitable debido al desastre.
- b) Las autoridades locales o nacionales podrían haber sobreestimado el valor de los daños en un intento por conseguir mayores fondos para la reconstrucción.
- c) Una parte del daño podría haberse producido con anterioridad al desastre mismo, como resultado de un mantenimiento no enteramente adecuado.
- d) En ocasiones las estimaciones realizadas no comprenden todos los costos de la reconstrucción, al no haberse contabilizado la mano de obra de planta ya incluida en los presupuestos de los organismos correspondientes.
- e) A veces las autoridades nacionales consultadas no toman en cuenta los daños a la infraestructura de jurisdicción local o la concesionada a administradores privados.
- f) Las estimaciones casi nunca contabilizan los daños a vehículos de propiedad privada.

45

Así, el especialista deberá, en primer lugar, asegurar que la evaluación existente incluya todos los elementos del caso y, en segundo, verificar que los costos estén correctamente cuantificados. Como ayuda para el especialista del sector, el cuadro 1 proporciona información referente a costos unitarios de algunos acervos típicos del sector.

En cuanto a los daños indirectos, la experiencia indica que las autoridades nacionales o locales no suelen evaluarlos, con lo cual se deja por fuera el componente de costo más elevado de los desastres en el sector transporte y comunicaciones. Ello se debe a que la tarea fundamental de las primeras evaluaciones que realizan los gobiernos nacionales o locales afectados por un desastre es determinar los requerimientos para la reconstrucción de la red vial.

Cabe resaltar a ese respecto que los desastres producen una merma en el volumen de transporte que normalmente se lleva a cabo en las regiones afectadas. Sobre el particular, no resulta suficiente estimar la diferencia entre el costo unitario del transporte después del desastre y el que tenía antes bajo condiciones normales, y luego multiplicarla por el volumen normal de transporte, ya que ello sobreestimaría el costo indirecto del desastre. Tampoco es válido multiplicar la diferencia anotada por el volumen de transporte posdesastre, ya que resultaría en una subestimación del daño indirecto.

La tarea que debe realizar el especialista en relación con los daños directos es revisar y actualizar las cifras previamente estimadas por las autoridades locales. En cambio, para la estimación de los daños indirectos, el especialista deberá partir prácticamente desde cero y hacer una evaluación propia.

La evaluación de los daños indirectos requiere de cuantificar, en términos monetarios, los mayores costos de operación del tránsito vehicular que se realiza sobre una red vial en malas condiciones como resultado del desastre, en comparación con los costos normales, añadiendo la pérdida de excedente correspondiente a la suspensión de viajes por la intransitabilidad de las vías o el alto costo que implica su uso.

Cuadro 1  
VALORES TÍPICOS DE ALGUNOS COSTOS DIRECTOS UNITARIOS

Específico	Valor en USD
Camioneta nueva (promedio)	10 000
Auto pequeño nuevo (promedio)	10 000
Camión nuevo, de marco rígido (promedio)	60 000
Bus urbano nuevo (promedio)	100 000
Bus interurbano nuevo (promedio)	150 000
Bicicleta nueva (promedio)	150
Motocicleta nueva (promedio)	500
Km de camino de tierra, territorio plano/ondulado (reconstrucción)	10 000
Km de camino de tierra, territorio ondulado/montañoso (reconstrucción)	20 000
Km de camino de ripio, territorio plano/ondulado (reconstrucción)	50 000
Km de camino de ripio, territorio ondulado/montañoso (reconstrucción)	75 000
Km de carretera pavimentada, de una pista por sentido, territorio plano/ondulado (reconstrucción)	100 000
Km de carretera pavimentada, de una pista por sentido, territorio plano/ondulado (reconstrucción)	150 000
Km de camino pavimentada (rehabilitación)	25 000
Km de camino de ripio (rehabilitación)	15 000
Km de camino de tierra (rehabilitación)	5 000
Parchear camino pavimentado, de una pista por sentido, por km	2 500
Puente tipo Bailey, de 20 metros de luz, cif país importador	200 000
Locomotora a diesel, de 2500 hp, recondicionada	750 000
Locomotora a diesel, de 750 hp, recondicionada	450 000
Carro ferroviario nuevo	85 000
Coche ferroviario nuevo	500 000
Km de ferrocarril, vía simples (reconstrucción)	100 000
Avioneta nueva	500 000
Avión hélice, de 50 plazas, nuevo	15 000 000
Avión a turbina, de 150 plazas, recondicionado	20 000 000
Buque pesquero, de madera, de 20 metros de largo, nuevo	65 000
Buque pesquero, metálico, de 25 metros de largo, nuevo	200 000
Motoniveladora, reacondicionada	75 000

46

Para ello, se utiliza la fórmula genérica siguiente (que no toma en consideración algunos factores que, con tiempo suficiente, convendría incluir en el cálculo, tales como la incidencia de los impuestos en los costos de operación de los vehículos):

$$\text{Costo Indirecto} = \int_{q_1}^{q_0} p \cdot \partial q - p_0(q_0 - q_1) + q_1(p_1 - p_0) \quad (1)$$

en donde:

$q_0$	=	el volumen de tránsito en condiciones normales
$q_1$	=	el volumen de tránsito después del desastre
$p_0$	=	el costo de transporte en condiciones normales
$p_1$	=	el costo de transporte después del desastre

La aplicación de esta fórmula depende de las circunstancias, especialmente de la disponibilidad de información básica. En circunstancias normales, se aplica para cada tramo de vía afectada, aun cuando ello implique algunas divergencias, por ejemplo, entre el volumen de tráfico en un tramo y el del próximo, o el anterior. Obsérvese que los costos de transporte por lo general incluyen los del tiempo personal de los viajeros.

En una situación típica se dispone de información suficiente para aplicar la fórmula en forma separada para vehículos livianos, autobuses y camiones.

El procedimiento usual es el siguiente:

- a) Mediante consultas con los ingenieros viales locales, se estima el índice de rugosidad (IRI) de cada tramo de la red vial que haya sido afectado por el desastre y se lo refiere al momento anterior al desastre (véase el cuadro 2).
- b) Estimar los costos de operación para cada tramo afectado, por tipo de vehículos, en función del IRI, y refiriéndose, por ejemplo, a los resultados de aplicaciones similares que se hayan llevado a cabo aplicando el *Highway Design Model* del Banco Mundial en el país del desastre o en otro similar a éste.
- c) Repetir los dos pasos anteriores para los mismos tramos de red, pero ahora en condiciones posdesastre.
- d) Con base en cifras o estimaciones sobre volúmenes de tráfico normales para cada tramo de la red —información disponible en los censos sobre tráfico, o que puede obtenerse a través de ingenieros viales locales que conocen los volúmenes normales por tipo de vehículos en tramos de diferentes categorías—, y estimando la elasticidad entre el volumen de tránsito y los costos operacionales, calcular los volúmenes para el caso posdesastre mediante una sencilla fórmula matemática, como la que se presenta en el anexo IX.
- e) Aplicar la fórmula.

47

Normalmente, el especialista en transportes deberá estimar las elasticidades, con base en su propia experiencia. Sin embargo, cuando se dispone de información acerca de los volúmenes de tránsito posteriores al desastre ( $q_1$  en la fórmula 1), será posible calcularlo en forma aproximada.

Cuadro 2

VALORES TÍPICOS DEL IRI, ANTES Y DESPUÉS DE INUNDACIONES  
 PROMEDIOS VÁLIDOS PARA TRAMOS DE ENTRE 10 A 20 KILÓMETROS

Tipo de camino	Antes del desastre	Después del desastre
Camino asfaltado	1.5 a 4.0	2.0 a 6.0
Camino de ripio	4.0 a 8.0	6.0 a 10.0
Camino de tierra	7.5 a 10.0	10.0 a 15.0

En ocasiones, los cálculos hechos mediante la fórmula 1 antes descrita deberán complementarse con estimaciones adicionales en los casos en que se presente alguna de las situaciones siguientes (o una combinación de ellas):

a) **Caída total de puentes.** En una situación como ésta puede ser necesario tomar también en cuenta costos para casos como: inmovilización de los camiones y sus tripulantes en ambas orillas de un río, transbordos de carga hacia lanchas para cruzar un río, operación de una especie de shuttle ferroviario establecido sobre un puente paralelo y utilización de largas desviaciones por rutas alternas.

b) **Transferencia de tráfico camionero o de autobuses hacia transporte aéreo.** Para este caso es posible seguir aplicando la fórmula arriba descrita, con la diferencia de que los valores  $q_1$  y  $p_1$  deberán referirse a un medio de transporte distinto al de caminos.

48 c) **Desviación del tránsito hacia rutas más largas.** En este caso en particular será necesario tomar en cuenta la mayor distancia por cubrir, y no solamente el mayor costo unitario de transporte por kilómetro.

Resulta obvio, de las consideraciones anteriores, que el especialista en el sector deberá estimar el período de tiempo durante el cual la red vial permanecerá averiada. Debe tenerse en cuenta que las autoridades nacionales suelen ser demasiado optimistas, razón por la cual el especialista en transporte y comunicaciones se verá forzado a realizar estimaciones propias que tomen en cuenta: la productividad de la maquinaria y mano de obra que deberá estar disponible para la rehabilitación, la longitud de la red que ha resultado afectada por el desastre, y una interpretación acerca de una programación razonable para la realización de las obras. El costo indirecto así derivado debe expresarse en valor actual, aplicándose a los costos futuros la correspondiente tasa de descuento.

Los costos indirectos en otros subsectores del área transporte resultan ser generalmente inferiores a los del área de caminos. Si bien es factible aplicar los mismos conceptos antes descritos para su evaluación, hay que hacer algunas consideraciones adicionales. Por ejemplo, supóngase que el transporte por ferrocarril ha sido interrumpido debido a un desastre natural; es probable que una parte del tráfico habitual en dicho servicio se desvíe hacia otros medios, tales como el de carreteras, en tanto que otra parte simplemente no podrá canalizarse. En tal situación, para la aplicación de la fórmula 1, los costos  $p_0$  se referirán al medio ferroviario, y los costos  $p_1$  corresponderán al medio alternativo. Para realizar el transporte, los fletes que cobran las empresas ferroviarias, especialmente las privadas, normalmente se sitúan por encima de los costos marginales, de corto plazo. Los valores de  $p_0$  deberán reflejar los fletes pagados por los clientes, y la aplicación de la fórmula 1 deberá permitir estimar la pérdida para los usuarios de los equipos ferroviarios. A ello será necesario agregar la pérdida sufrida por la empresa ferroviaria, la cual consiste aproximadamente en su lucro cesante.

Esta última pérdida para la empresa ferroviaria se puede estimar mediante la fórmula siguiente:

$$(q_0 - q_1)(f_0 - c_0) + q_1(c_1 - c_0) \quad (2)$$

en la cual:

$f_0$	=	el valor del flete cobrado por unidad de tráfico
$c_0$	=	el costo marginal del transporte antes del desastre, por unidad de tráfico
$c_1$	=	el mismo valor, pero posterior al desastre

Bajo circunstancias usuales  $p_0 \neq f_0$ , por cuanto los valores de  $p_0$  incluyen elementos de costos que se cargan a los usuarios de servicios ferroviarios distintos del flete propiamente dicho, como los de los tramos camioneros que dan acceso a la estación de origen.

Debido a que cada caso presenta situaciones y características distintas, resulta imposible incluir en este manual la forma de realizar los cálculos correspondientes. El especialista en transporte tiene que aplicar su criterio y experiencia para adaptar los lineamientos anteriores a cada caso en particular. **49**

La creciente privatización del transporte que se está produciendo en la región latinoamericana y caribeña introduce nuevas dimensiones en la evaluación de los daños provocados por los desastres en el sector. Cada vez con mayor frecuencia la administración de la infraestructura vial más transitada —carreteras, puertos, ferrocarriles, etc.— está en manos de empresas privadas, quienes a veces son también dueñas de las instalaciones y de los equipos.

Dichas empresas suelen ser más reticentes que los organismos gubernamentales a proporcionar la información básica, salvo si se dan cuenta que ello puede facilitarles obtener alguna ayuda financiera. Además, las oficinas de las empresas están diseminadas en sitios a veces alejados, por lo que las visitas para obtener información resultan más largas y complicadas que en el caso de ministerios u otras entidades oficiales.

Por otra parte, cuando se daña infraestructura de transporte concesionada, y seguramente tarifada, en ocasiones se producen pérdidas tanto para los usuarios como para los concesionarios o dueños privados del servicio. La fórmula 1 se puede utilizar en principio para estimar la pérdida de los usuarios, sin olvidar que los valores  $p_0$  y  $p_1$  deberán reflejar las tarifas pagadas por los usuarios, en lugar de los costos, marginales o directos del servicio. Para estimar la pérdida de la empresa concesionaria puede emplearse la fórmula 2.

## 2. El transporte acuático y aéreo, y su infraestructura

En principio, el análisis de los subsectores aéreo y acuático no difiere del estudio del subsector de caminos, especialmente en lo que a **daños directos** se refiere. Sin embargo, por las características de cada medio de transporte, la orientación del análisis sufre modificaciones, para adaptarse a estas características, especialmente en el caso de los **daños indirectos**. En algunos sentidos, los problemas de evaluación de los daños indirectos del transporte acuático y aéreo se parecen mucho a los del sector de telecomunicaciones (véase la sección 3 del presente capítulo).

A raíz de un desastre, suelen subir los costos de operación de los camiones y autos, por la mala condición de las vías que ocupan, mientras que el aire, los ríos y los mares quedan esencialmente iguales que antes. Aunque el nivel del agua en los ríos sea diferente del normal, este hecho, por sí mismo, no influye en los costos de operación de los buques. Después de un desastre, los transportes acuático o aéreo, funcionen o no de manera normal, no sufren modificaciones en sus costos de operación propiamente dichos. Las excepciones incluyen los casos en que, por ejemplo, una baja en el nivel de agua de un río obliga al uso de embarcaciones menores que las que normalmente se ocupan, lo que implica un aumento en los costos de transporte por unidad de tráfico; o, por la mala condición de una pista de aterrizaje, puede ser necesaria la utilización de aeronaves de menor capacidad que las que normalmente se ocupan. En estos casos excepcionales, la fórmula 1 es directamente aplicable.

- 50** Por otra parte, si el transporte acuático o aéreo no se efectúa, debido a malas condiciones climáticas durante el propio desastre o a daños en las instalaciones de las terminales, será sumamente difícil determinar los valores  $p_1$ , es decir, el costo unitario del transporte posdesastre, incluidos los componentes pagados por los usuarios más allá del propio flete, como, por ejemplo, el valor del tiempo personal dedicado al viaje. Debido a que hay menos transporte, o ninguno sobre algunos ejes, el costo total del transporte tiende a bajar. (En ejes en que no hay transporte posdesastre, el valor  $q_1$  es cero, lo que significa que también lo es el componente  $q_1(p_1 - p_1)$  de la fórmula 1). El analista deberá estimar ese menor costo, tomando en cuenta que algunos elementos de los costos, como una parte de la depreciación, de la mano de obra, y de la administración, no variarán. Se deberá recordar que una parte del transporte que no se hace en, o inmediatamente después del desastre, se hará luego, pues estarían en operación una mayor cantidad de servicios para responder a la demanda no atendida durante la paralización.

En el caso de un despacho de carga que se atrasa durante algunas semanas, por la suspensión temporal de los servicios de transporte, los costos  $p_1$  deberán incluir los intereses que se puedan estimar sin mayor dificultad, así como los costos del deterioro de los productos, que a veces son más difíciles de cuantificar. El arribo a destiempo de la carga podría tener, además, otras consecuencias más costosas, como un mayor sufrimiento humano por falta de medicamentos o la paralización de algún proceso industrial por falta de materiales. Tales consecuencias deberán ser evaluadas por los especialistas sectoriales correspondientes. En el caso de atraso en la transportación de personas, los costos  $p_1$  deberán incluir alguna estimación del costo de la inconveniencia de no poder viajar oportunamente. Sin la realización de encuestas —que difícilmente se hace como parte de la evaluación de los desastres—, es imposible determinar, con un grado satisfactorio de exactitud, esta inconveniencia. Sin embargo, estimar dicha pérdida es necesario; una manera de hacerlo se sugiere en la próxima sección.

### 3. El sector de telecomunicaciones

El subsector de telecomunicaciones incluye los sistemas telefónicos y de fax y, además, el Internet y el intercambio de mensajes por correo electrónico. En principio, abarca también la distribución de informaciones por radio y televisión. Los daños ocurridos en este sector, como en los demás, se dividen en directos e indirectos.

El tratamiento del subsector de telecomunicaciones en el caso de desastres se asemeja, en principio, al de transportes, especialmente al concesionado, en tanto que la mayor parte de las empresas de telecomunicaciones ya pertenece al sector privado. Los costos directos pueden comprender el valor de reposición por daños en tres categorías de infraestructura, a saber: a) instalaciones desde donde se administran las telecomunicaciones; b) las que transmiten los mensajes, y c) las que envían o reciben estos últimos. Las de la primera categoría comprenden las oficinas de las empresas administradoras y sus talleres, laboratorios, etc. Las de la segunda categoría consisten principalmente en antenas y cables y, en principio, incluyen también el aire por donde pasan los rayos de onda corta que transmiten los mensajes telefónicos inalámbricos. Las de la tercera categoría incluyen teléfonos fijos y móviles, computadoras y aparatos de fax.

La estimación de los costos de rehabilitación del servicio, que incluye la reposición de esos tipos de infraestructura, que haya sido destruido por un desastre, consiste básicamente en un ejercicio de ingeniería contable, semejante en principio a la correspondiente al transporte vial o ferroviario. Sin embargo, aunque semejante en principio, es importante tomar en cuenta las consecuencias del acelerado progreso tecnológico que ha ocurrido en el sector de las telecomunicaciones, en los últimos años del siglo XX, y que continúa a principios del XXI. Dicho progreso trae consigo la obsolescencia prematura y una depreciación muy rápida, de algunos tipos de infraestructura, lo cual implica una posible sobrevalorización de los componentes de las empresas de telecomunicaciones en sus balances contables.

51

Evidentemente, si una inundación destruyera, por ejemplo, una planta telefónica análoga, o un teléfono con discado mediante placa rotativa, el costo real de esta destrucción sería muy bajo, puesto que los equipos correspondientes ya habrán quedado desplazados por la tecnología digital. Por lo tanto, es de especial importancia contabilizar solamente el valor de mercado de la infraestructura en el momento del desastre. En caso de que no haya distribución de algunos tipos de equipo o infraestructura en el país afectado, el analista deberá estimar los valores correspondientes con base en un cálculo realista de la vida económica de cada tipo de equipo, y describir, por edad y tipo, los elementos destruidos.

Referente a los equipos dañados, a veces el costo de reparación es injustificado, dada la mayor producción y menor costo de los equipos de la generación siguiente. En tales casos, en lugar de considerar el costo de reparación, el analista deberá contabilizar:

$$(\text{costo del equipo nuevo}) \times (\text{producción de equipo antiguo}) \times (\text{producción de equipo nuevo})^{-1} - (\text{valor residual del equipo antiguo})$$

Sin embargo, cada caso tiene sus propias características, a las que el analista deberá aplicar su experiencia profesional y juicio.

En cuanto a los daños indirectos, al igual que en el caso de un ferrocarril concesionado, el desastre suele generar gastos tanto para los usuarios como para la empresa concesionaria. Los últimos tienden a ser relativamente fáciles de cuantificar mediante la fórmula 2. Mucho más difíciles de estimar son los primeros, es decir, en los que incurren los usuarios, como se explica a continuación.

En las telecomunicaciones, los sistemas pueden dañarse y hacer imposible la comunicación del usuario que desea hacer una llamada telefónica, enviar un fax o un mensaje de correo electrónico. En tales casos, al querer aplicar la fórmula 1, es muy difícil definir el valor de  $p^1$ . Es decir, existen paralelos entre el análisis del sector de las telecomunicaciones y el del transporte acuático o aéreo, que se analiza en la sección 2 del presente capítulo, en el sentido de que, inmediatamente después del desastre, una comunicación entre algunos puntos y otros simplemente no es posible, a ningún costo.

Se trata entonces de estimar el valor promedio de las llamadas, fax y mensajes de correo electrónico que se dejan de realizar. En términos prácticos, el especialista no dispondrá de formas conceptualmente satisfactorias de estimar tal cifra. En ocasiones, se ha optado por valorizar una llamada desde el punto de vista del usuario, suponiendo un valor del doble al que paga normalmente. Esto equivale a adivinar el valor de la llamada, sin bases para hacerlo. Sin embargo, mejores opciones raras veces se presentan en evaluaciones reales. Lo ideal sería disponer de estudios del sector de comunicaciones en que se identifique la demanda de las llamadas, fax y mensajes de correo, y relacionar, de esta manera, la cantidad o volumen de llamadas que se efectúan con el precio de cada una de ellas.

52

Tal procedimiento a veces revela datos que permiten la estimación de la demanda de llamadas telefónicas (o mensajes de correo electrónico, etc.), así como la observación de la conducta referente a las telecomunicaciones de las personas damnificadas. A modo de ejemplo, desde una ciudad ubicada en la zona del desastre, normalmente se podrían efectuar unas  $q_0$  llamadas, desde teléfonos fijos domiciliarios o celulares, a un precio al usuario de unos  $p_0$ . Durante el período de emergencia, en que el servicio normal, tanto fijo como móvil, no está disponible, los ciudadanos realizarán solamente  $q_1$  llamadas desde carpas de emergencia tendidas por el ejército, al mismo precio de  $p_0$ , con una demora de tres horas de espera en línea. Una estimación del valor del tiempo personal de los habitantes de la ciudad permitiría calcular el valor  $p_1$  en la fórmula 1 y, por ende, la aplicación de la propia fórmula. Cada caso es diferente y es responsabilidad del analista aplicar la variante metodológica más indicada.

Normalmente, el período de interrupción de los servicios de telecomunicaciones es relativamente breve, especialmente en la época actual, en que un cable telefónico subterráneo o elevado, susceptible a daños, se puede sustituir, al menos transitoriamente, por una alternativa inalámbrica.

#### 4. Infraestructura costera

Esta parte del capítulo se centra en los impactos de un desastre sobre la infraestructura costera. Su relevancia es mayor en el caso de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID), donde fenómenos naturales como huracanes causan grandes daños, pero también es aplicable a cualquier área costera en la parte continental de la región.

En el caso de los estados insulares pequeños, la zona costera ocupa una porción desproporcionadamente grande de su territorio. Además, en muchas de las áreas costeras se concentra la mayor parte de la infraestructura: desarrollos urbanos (incluyendo infraestructura básica como hospitales, estaciones de policía, servicios públicos), centros industriales, infraestructura portuaria (incluyendo la deportiva), comunidades pesqueras y desarrollos turísticos. En la región del Caribe, particularmente en las Antillas Menores, las islas son de origen volcánico o están compuestas de capas de coral. En el primer caso, el interior montañoso a menudo impone un desarrollo dentro de una banda relativamente estrecha a lo largo de la costa, con desarrollos esporádicos en el interior. En el segundo caso, el desarrollo tiende a ser más extendido a lo largo de toda la superficie de la isla. En ambos, sin embargo, tiende a haber una concentración de carreteras costeras que unen los centros urbanos con las áreas de desarrollo turístico. El daño a estas infraestructuras a menudo tiene efectos devastadores para las economías de las islas pequeñas, y en algunos casos ha generado condiciones muy difíciles que se han prolongado un año o más, hasta que se rehabilitan los diferentes sectores.

#### a) Requerimientos de información

i) **Vías de comunicación costeras.** La información básica requerida es la siguiente:

- La agencia (o agencias) responsable de la construcción y/o reparación de las principales arterias viales.
- La extensión física de los daños viales.
- El volumen de material removido o destruido de los caminos y de las sub-bases.
- La importancia de la vía dañada dentro de la red de caminos que unen las ciudades a los centros rurales.
- El volumen y tipo de tráfico que usa normalmente las vías.
- La cuantificación de los daños ocasionados a los servicios públicos.
- Conocimiento de la topografía general y de la batimetría del lecho marino del área.
- Conocimiento de las características del fenómeno físico que pudieron haber causado el daño.
- Conocimiento de los códigos de construcción y criterios para el diseño de infraestructura costera (generalmente en el Caribe se usa el criterio de 1 en 50 años para el diseño de infraestructura no básica en el caso de huracanes).
- Estimación de las necesidades de trabajo de protección costera durante la rehabilitación.

- ii) **Infraestructura portuaria, incluyendo puertos deportivos.** En respuesta al crecimiento del sector turístico se han desarrollado muchas instalaciones portuarias adaptadas a la industria de los cruceros marítimos en la cuenca del Caribe. En algunos casos, estas instalaciones, destinadas a cruceros, se combinan, en una misma área portuaria, con otras operaciones generales de los puertos. Además, también se han construido muchos puertos deportivos a lo largo de la región para atender las necesidades de yates y otras embarcaciones deportivas. Estos puertos presentan tamaños diversos y ofrecen instalaciones de amarre para embarcaciones que van desde botes hasta mega-yates. Generalmente en los puertos (incluyendo los deportivos) existen defensas, como rompeolas, excepto en los casos en que las instalaciones se encuentran en zonas protegidas de forma natural.

Los requerimientos de información para la evaluación de daños a estas instalaciones incluyen:

- Agencia a cargo de las operaciones portuarias.
  - Planos o mapas de las instalaciones antes del desastre.
  - Extensión física del daño.
  - Inventario de los equipos dañados, cuando sea el caso.
  - Inventario de los daños a las estructuras de amarre.
  - Conocimiento de las condiciones del fenómeno natural que provocó el desastre.
  - Conocimiento general de la batimetría del fondo marino en la zona de las instalaciones.
  - Requerimientos de rehabilitación/repación, incluyendo el tipo apropiado de estructura y las cantidades aproximadas de materiales necesarios.
  - Disponibilidad de los materiales necesarios para el proceso de reconstrucción.
  - Necesidades de importación de materiales, mano de obra especializada y equipos en el proceso de reconstrucción.
- iii) **Erosión de playas y línea costera.** La conservación de las playas y el borde costero es de extrema importancia para el mantenimiento de la industria turística y de diversos sistemas ecológicos. Cuando una playa sufre erosión masiva a causa de una tormenta tropical o un huracán, además de la pérdida de este valioso recurso, a menudo la infraestructura situada en la costa también resulta expuesta. Normalmente se trata de infraestructura turística, pero también puede ser residencial o industrial. Además, en la línea litoral sin playa, puede haber daños a malecones y/o estructuras de protección. Por el lado ecológico, las playas a menudo sirven de lugares de anidamiento de especies amenazadas. Además, cuando se produce erosión, la arena removida puede cubrir praderas marinas y arrecifes de coral.

La recuperación de la playa normalmente ocurre de manera natural, aunque a veces son necesarias acciones de ayuda en el proceso de rehabilitación.

La información requerida para la evaluación de daños en este caso, incluye:

- Conocimiento de las normas establecidas por la autoridad en medio ambiente.
- Extensión física de la línea costera afectada.
- Volumen de arena de playa perdida y/o volumen de litoral erosionado.
- Una idea general acerca del destino del material erosionado.
- Conocimiento general de la batimetría del lecho marino en el área de investigación y de los procesos costeros relevantes.
- Antecedentes generales acerca de las características del oleaje de la zona.
- Características del fenómeno físico causante del daño.
- Diferentes estrategias de rehabilitación, incluyendo la opción de “no hacer nada”.
- Disponibilidad local de equipo de dragado o necesidades de importación.
- Disponibilidad de material de cantera necesario en la construcción de estructuras de defensa que aseguren la estabilidad futura de playas y/o litoral.
- Conocimiento general de las áreas de praderas marinas y arrecifes de coral y su cercanía al borde costero dañado.
- Evaluación de la pérdida de hábitat.

55

iv) **Sistemas de agua potable y de tratamiento y disposición de aguas residuales.**

En muchas áreas costeras e islas, la ausencia de precipitación adecuada o de acuíferos hace necesario extraer agua potable del agua salobre o salada. Para ello se utilizan plantas de desalinización, cuyas descargas, en forma de solución salina, se realizan en tierra o en el mar a través de tuberías. Además, el tratamiento de aguas residuales a escala municipal a menudo supone que las aguas tratadas se viertan al mar. En el caso de aguas residuales tratadas a nivel primario, la descarga es a menudo al mar a través de emisarios submarinos. Cuando el agua residual ha recibido tratamiento secundario o terciario, la descarga se hace ocasionalmente en el mar, aunque también se reutiliza en agricultura. Los daños a los sistemas de agua potable o de tratamiento y disposición de aguas residuales llega a tener consecuencias dramáticas para la población, ya que implica serios riesgos para la salud.

Para la evaluación de los daños a este tipo de estructuras se requiere la siguiente información:

- Agencia local responsable de agua y saneamiento.
- Extensión física del daño, tanto en tierra como en el lecho marino.
- Tipo y longitud de tuberías y/u otros equipos dañados.
- Base de usuarios de las instalaciones afectadas (por ejemplo, planta de tratamiento de aguas que sirve a una comunidad o una planta de desalinización para un hotel).
- Características del fenómeno físico causante del daño.
- Trabajos de reparación y rehabilitación requeridos.
- Disponibilidad local de los materiales necesarios para ejecutar las reparaciones.
- Necesidad de importar materiales de construcción, mano de obra especializada o equipos para llevar a cabo los trabajos de reparación.

#### b) Fuentes de información

**56** Las siguientes instituciones son fuentes posibles de información para la evaluación:

- Departamentos de Obras Públicas y Ministerio de Transporte.
- Servicios públicos.
- Autoridades portuarias.
- Departamentos de estadística.
- Instituciones regulatorias en el campo de la ingeniería.
- Contratistas.
- Proveedores de materiales (incluyendo canteras).
- Hoteles y agencias de turismo.
- Autoridades de medio ambiente.

#### c) Descripción de daños

##### i) Daños directos

##### 1) Vías de comunicación costeras

- Daños a carreteras y sub-bases.
- Daños a estructuras de protección asociadas a caminos.
- Daños a otro tipo de instalaciones.

2) Infraestructura portuaria (incluyendo puertos deportivos)

- Daños a estructuras de rompeola.
- Daños a estructuras de amarre, incluyendo muelles y embarcaderos.
- Daños a equipos específicos asociados a las operaciones portuarias.
- Daños a caminos e instalaciones terrestres o a otras infraestructuras portuarias.

3) Playas y línea litoral

- Volumen de playa erosionada.
- Daños a infraestructura e instalaciones situadas en la zona de playa (incluyendo infraestructura e instalaciones turísticas).
- Daños a estructuras de protección.
- Daños a ecosistemas.

4) Sistemas de agua potable y de tratamiento y disposición de aguas residuales

- Daños a estructuras de conducción.
- Daños a infraestructura, equipos e instalaciones de toma y potabilización de agua y de tratamiento y disposición de aguas residuales.

ii) Daños indirectos

57

1) Vías de comunicación costeras

- Pérdidas de bienestar por la imposibilidad de viajar.
- Incremento de los costos de transporte por la necesidad de tomar rutas alternas.
- Incremento en los costos de operación del tránsito vehicular.

2) Infraestructura portuaria (incluyendo puertos deportivos)

- Pérdida de ingresos correspondiente a los cruceros que habrían atracado en el puerto si no hubiera habido desastre.
- Pérdida de ingresos correspondiente a servicios de operaciones portuarias.
- Pérdida de ingresos de los servicios de suministro a las instalaciones portuarias deportivas.
- Seguros comprometidos.

3) Playas y línea litoral

- Pérdida de ingresos derivada de la imposibilidad del uso recreacional de playas.
- Pérdida de ingresos de hoteles y otras empresas relacionadas con la actividad turística.
- Seguros comprometidos.

4) Sistemas de agua potable y de tratamiento y disposición de aguas residuales

- Actividades asociadas a la rehabilitación (distribución de agua por camiones-cisterna u otros medios, adquisición de equipos y maquinaria, reparaciones, cambios en los procesos de tratamiento de agua, uso de materiales e insumos guardados en stock para atender esta rehabilitación, horas extra de personal).
- Disminución de la producción de agua potable (captación, tratamiento, almacenamiento, distribución).
- Aumento de costos en el tratamiento.
- Disminución de costos por funcionamiento parcial de los sistemas.
- Aumento de costos en la producción de agua.
- Pérdidas por ingresos no percibidos (por agua no facturada, suspensión del servicio, etcétera).
- Seguros comprometidos.

d) **Cuantificación de daños y pérdidas**

- i) **Daños directos.** En la cuantificación de daños durante el proceso de evaluación, el especialista en infraestructura costera debe relacionarse con sus contrapartes de las agencias locales participantes en los trabajos de rehabilitación, y/o de las agencias relacionadas con la operación de las instalaciones afectadas. Esto facilitará obtener una mejor estimación de la extensión de los daños y las necesidades de rehabilitación.

58

Para cuantificar los daños directos en vías de comunicación costeras, puertos, playas y línea litoral, y sistemas de agua y saneamiento, se sugiere el siguiente procedimiento.

- Obtener mapas, a escalas que varíen desde 1:25 000 hasta 1:2 500 dependiendo del país en cuestión y del daño a analizar.
- Junto con personal local, y a través de visitas de campo, determinar la extensión física de los daños.
- Estimar el volumen de daños y destrucción de carreteras y sub-bases.
- Analizar si es posible la reparación y si es necesaria la reconstrucción total.
- Obtener los costos de reparación/reconstrucción utilizando como guía el costo de trabajos similares dentro del país.
- Evaluar la necesidad de trabajos de protección como parte del proceso de reconstrucción. Cuando sean necesarios.
- Calcular la altura de ola en la línea costera y estimar el volumen y extensión de los trabajos de protección requeridos.
- Estimar las necesidades de reparación y/o reemplazo de las instalaciones afectadas.

Además de lo anterior, en el caso de infraestructura portuaria (incluyendo puertos deportivos), se debe hacer lo siguiente:

- Obtener mapas del área portuaria, preferiblemente a escala 1:2 500.
- Obtener datos de batimetría del área afectada.
- Junto con personal local, y a través de visitas de campo, determinar la extensión física de los daños.
- Evaluar el daño real sufrido y clasificarlo en función del tipo de área (por ejemplo: zona de rompeolas, zonas de atraque, instalaciones terrestres, etc.).
- Analizar si es posible la reparación y si es necesaria la reconstrucción total.
- Estimar los costos de reconstrucción a través de entrevistas con contratistas locales y agencias gubernamentales y a través de la evaluación de costos de trabajos similares en el país.

En el caso de playas y línea litoral, la cuantificación del daño debe comprender lo siguiente:

- Volumen de playa perdida.
- Costo de restauración de la playa, probablemente a través del dragado de arena de una reserva autorizada y su colocación en la zona afectada.
- Necesidad de estructuras de ingeniería que aseguren la estabilidad de la línea de playa, tales como malecones.

59

Finalmente, en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento:

- Diámetro, características y longitud de la tubería dañada.
- Evaluación de la necesidad de reparación y/o reconstrucción y reposición de la infraestructura, equipos e instalaciones de toma y potabilización de agua, y de tratamiento y disposición de aguas residuales.

ii) **Daños indirectos.** La cuantificación de estos daños requiere la obtención de información de diversas fuentes, como se ha descrito arriba, lo que significa que el especialista en infraestructura costera identifique los daños más significativos y las fuentes de información más apropiadas en un corto período de tiempo. La información requerida para la cuantificación de los daños indirectos asociados a infraestructura costera incluye:

- Flujos de tránsito antes del desastre por las vías de comunicación afectadas.
- Tarifas de transporte, costos de combustible, número promedio de personas que normalmente usan la ruta afectada.

- Pérdida de ingreso de las instalaciones afectadas.
- Número de cruceros que normalmente visitan el puerto afectado.
- Número de pasajeros promedio por cada llegada de un crucero.
- Tarifas de atraque y gasto promedio por visitante.
- Número promedio de barcos de carga o contenedores que normalmente llegan al puerto.
- Tarifas que se aplican en el caso de buques de carga.
- Pérdida de ingresos de líneas de transporte marítimo.
- Número promedio de llegadas de embarcaciones deportivas.
- Ingreso promedio por amarre de embarcación deportiva.
- Pérdida de ingresos por disminución de ventas de suministros a embarcaciones deportivas.
- 60** - Número de vendedores y operadores de deportes acuáticos que operan normalmente en la playa y la pérdida estimada de ingreso para ellos.
- Número de personas que trabajan en hoteles durante el período de rehabilitación y pérdida promedio de ingresos.
- Pérdida de ingresos para las empresas de agua potable.
- Pérdida de ingresos de las instituciones encargadas de los sistemas de saneamiento.
- Costos incrementales por proporcionar agua potable y por el tratamiento y disposición de aguas residuales de forma alternativa.

La sección anterior describe las metodologías para la estimación de daños en instalaciones e infraestructuras costeras, muchas de las cuales se emplean en otros sectores. Por ejemplo, los daños a los sistemas de agua potable y saneamiento deben incluirse en ese sector; los daños y pérdidas en instalaciones turísticas pertenecen a la evaluación del sector turismo; los daños a los recursos naturales —tales como playas y arrecifes de coral— deben incluirse en el capítulo sobre medio ambiente. Debe prestarse especial atención para evitar doble contabilidad en tales casos. Sin embargo, los daños y pérdidas en vías de comunicación, pistas de aterrizaje y aeropuertos, puertos y embarcaderos, etc., deben estimarse y contabilizarse en el sector transporte y comunicaciones.

## 5. Otros efectos

Al igual que los demás sectores, el de transporte y comunicaciones requiere del desglose entre los daños sufridos por el sector público y los que sufre el sector privado, no sólo porque los procedimientos para su rehabilitación y reconstrucción son a veces distintos, sino por la manera en que los desastres influyen sobre ámbitos particulares, como la vida de la mujer. Por ello, el especialista deberá señalar el monto de los daños directos e indirectos para cada sector.

De igual forma, los daños en transporte y comunicaciones tienen efectos sobre el desempeño macroeconómico del país. El sector externo a menudo se ve perjudicado por las mayores importaciones de maquinaria, equipo y materiales que se requieren para la reconstrucción y que no se producen en el país afectado, así como también por exportaciones que no se realizan por falta de conectividad o porque los bienes perecederos que iban en tránsito al ocurrir el desastre no alcanzaron a llegar a su destino en buenas condiciones. Aun en casos en que la maquinaria y otros equipos para la reconstrucción se produzcan dentro del país, normalmente incorporan algunos componentes importados. Además, el consumo de recursos nacionales por la reconstrucción puede reducir la oferta exportable, como en el caso del petróleo que se ocupa en las etapas de recuperación después de un desastre en un país productor de este elemento.

61

La posición de las finanzas públicas puede verse también afectada; hay menores ingresos debido a una menor facturación por los servicios en manos del sector público; menor recaudación de impuestos sobre los servicios, y por los gastos imprevistos para la emergencia y la rehabilitación, con lo que aumenta el déficit fiscal si la situación es suficientemente grave. Toda esta información, estimada por el especialista en transporte y comunicaciones, debe entregarse al especialista en análisis macroeconómico para su debida consideración.

Por otra parte, puede producirse desempleo al suspenderse las operaciones de transporte y comunicaciones por períodos prolongados, y una correspondiente disminución de ingresos de los trabajadores del sector. Adicionalmente, es indispensable estimar no solamente la participación de la mujer en los servicios del sector, sino también su participación en las eventuales pérdidas de empleo e ingresos, como se describe en el acápite correspondiente al género. El especialista en transporte y comunicaciones debe asegurarse de —en estrecha cooperación con los especialistas en empleo y en el tema de género— realizar las estimaciones correspondientes en estos casos.

En el anexo IX se presenta la aplicación práctica de la metodología previamente descrita en el caso de un desastre típico ocurrido en la región, con el propósito de ilustrar con mayor claridad cómo habrá de utilizarse.

## Anexo IX

ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS SOCIOECONÓMICOS POR LA AVERÍA DE UN  
PUENTE CARRETERO A RAÍZ DE LA CRECIDA DE UN RÍO

## 1. Ubicación geográfica

La carretera principal chilena, que se extiende desde Arica, por Santiago, hasta Puerto Montt, con un poco más de 3 000 kilómetros de largo, es conocida como la Ruta 5. Esta vía cruza el río Toltén, inmediatamente al norte del pueblo de Pitrufquén, a 30 km al sur de la capital regional de Temuco, y a 677 kilómetros al sur de Santiago. El puente carretero sobre el río Toltén se construyó en 1935, muchos años antes de la pavimentación de la vía, y su sección central se asentó el 8 de julio de 1993, a raíz de una crecida del río. El análisis que aquí se resume, muy simplificado, tuvo como propósito estimar el costo socioeconómico de los daños causados por la interrupción al tránsito, con el fin de determinar la conveniencia de un programa de inspección de puentes, a lo largo de la Ruta 5, para minimizar el riesgo de interrupciones en otras ocasiones.

62



## 2. Descripción de los daños y sus consecuencias

Inmediatamente después del asentamiento, la fuerza policial prohibió el uso del puente por parte del tráfico motorizado y peatones. Los conductores tuvieron que elegir entre la alternativa de no efectuar su viaje, o dar un rodeo de unos 46 kilómetros, por una ruta a la que se referirá el presente anexo como la variante Villarrica (véase el mapa esquemático en la figura anterior). El tráfico local enfrentó un aumento en costos de hasta 700%. Sin embargo, la mayor parte de los costos totales que causó la avería al puente se atribuyó al: a) tráfico de más larga distancia, hasta la colocación de un puente tipo Bailey el 16 de septiembre, y b) tránsito normal de la variante Villarrica, que incurrió en mayores costos de operación vehicular por el deterioro en la calidad de la carpeta pavimentada, a raíz del tráfico pesado desviado por ese camino alternativo. El desplazamiento de personas lo llevó a cabo un servicio tipo shuttle de trenes sobre el puente ferroviario, que no sufrió daños y que se ubica a pocos metros al poniente del carretero. Esto duró hasta la colocación de una pasarela el día 12 de julio.

### 3. Los costos y beneficios

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) invirtió no solamente en la colocación del puente Bailey, sino también en la reparación definitiva del puente fijo; en encargar un estudio de ingeniería sobre la variante Villarrica; en efectuar reparaciones emergentes sobre la variante (compensadas en parte por menores gastos de mantenimiento rutinario de la Ruta 5), y en adelantar las obras de reconstrucción contempladas para ésta. Los mayores costos para los usuarios de la vialidad se estimaron desagregadamente, contabilizando:

- + los costos de operación de trenes en el período de emergencia
- + ídem en la postemergencia
- + mayores costos de operación de tránsito vial de largo recorrido
- + pérdida de excedente por viajes de largo recorrido suprimidos
- + mayores costos de operación de tránsito local
- + pérdida de excedente por viajes locales suprimidos
- + mayores costos de operación por la variante y desgaste de la carpeta
- + mayores tiempos de viaje de personas que cambiaron de bus a tren
- - menores costos de operación de buses de emergencia por transferencias a trenes
- - ídem en la postemergencia.

### 4. La estimación de pérdidas

Las pérdidas de excedente se estimaron de una manera aproximada mediante la fórmula siguiente:

$$\int_{q_i^I}^{q_i^0} c_i \cdot \delta q$$

- donde:  $q_{i0}$  = volumen de tránsito, predesastre, vehículos de tipo **i**  
 $q_{i1}$  = volumen de tránsito posdesastre, vehículos de tipo **i**  
 $c_i$  = costo de tránsito de vehículo de tipo **i**

En general se consideró que  $q = k_i c_i^{e_i}$ , donde “ $k_i$ ” es un constante, calibrado en cada caso, y “ $e_i$ ” una medida de elasticidad, elegida en cada caso por el analista, y que refleja que el flujo de algunos tipos de vehículos, como camiones en viajes de largo recorrido, sería más resistente a los mayores costos presentados por el uso de la variante que el de otros tipos, como viajes en auto, especialmente aquellos cuyo propósito no se relaciona con actividades económicas. Los coeficientes de elasticidad elegidos en el estudio que en la presente oportunidad se resume variaban entre  $-1.00$  y  $-0.25$ . En rigor, los cálculos deberían reconocer diferencias entre los costos percibidos por los viajeros y los de los recursos consumidos. Los primeros se diferenciarían de los últimos por incluir impuestos, por ejemplo, y tomarían en cuenta que los viajeros suelen tener una interpretación errónea de elementos de costos, como los del mantenimiento de sus vehículos.

## 5. Resultados y conclusiones

El valor presente del costo socioeconómico generado por el daño al puente se estimó en 5 619 millones de pesos chilenos de diciembre de 1994, consistente principalmente en los mayores costos de operación de tránsito vial de largo recorrido (29%), los mayores costos de operación por la variante, por desgaste a la carpeta (24%), y del adelanto de la reconstrucción de la variante Villarrica (20%). El valor presente de un programa anual de inspección de puentes habría sido de unos 800 millones de pesos chilenos, y el costo de reparar la cepa del puente que cedió ante las aguas, si el daño a ella hubiera sido identificado a tiempo, habría llegado a unos 250 millones de pesos chilenos.

Es decir, con la inversión de unos 1 050 millones de pesos chilenos habría sido posible evitar daños socioeconómicos de 5 619 millones, en el caso de un solo puente, sin tomar en cuenta los demás puentes instalados a intervalos a lo largo de la Ruta 5.

Se concluyó, por lo tanto, que la implantación de un servicio de inspección de puentes sería altamente beneficiosa.