

III. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

A. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo centra la atención en la evaluación del impacto causado por un desastre 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 treinta años. No obstante, los subsectores de telecomunicaciones e infraestructura costera también son tratados.

Resulta obvio, pero necesario, recordar la imposibilidad de prever en un manual de este tipo todas las posibles variaciones de daños que puede sufrir el sector de transporte y comunicaciones, debido tanto a las características distintas de los fenómenos que originan los desastres como a la diferente infraestructura y los distintos servicios que existe en cada país. Por ello, este manual presenta el procedimiento general de evaluación para el sector, y el/la especialista en el tema debe adaptarlo a las condiciones específicas de cada caso particular.

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 diferentes – es especialmente importante llevar a cabo la evaluación una vez que la etapa de la emergencia propiamente dicha haya sido superada. Ello es así por cuanto que durante la emergencia misma el personal de contrapartida para las evaluaciones está usualmente ocupado tratando de resolver los problemas de mayor urgencia y además no se dispone de información suficiente para realizar la evaluación. Además, para que la evaluación sobre el sector sea enteramente válida es necesario asegurarse de que el fenómeno natural haya realmente concluido. Al respecto, cabe considerar que a un terremoto le siguen réplicas que pueden originar daños adicionales de consideración, o que la duración de las inundaciones sea tan prolongada – como en el caso del fenómeno de El Niño en los países costeros de Sudamérica – que cuando se realice la evaluación no hayan bajado completamente las aguas y puedan no ser evidentes algunos daños sobre el sector.

Una vez iniciada la misión, el/la especialista en transporte y comunicaciones debe reunirse con las contrapartes del 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 transportes, las municipalidades afectadas, etcétera – con el propósito específico de:

- obtener una información pormenorizada de las características del desastre;
- determinar los límites geográficos de los daños ocurridos en el sector;
- identificar en forma provisoria a la o las dependencias administrativas que tienen a su cargo la infraestructura de transporte y comunicaciones, sean estas públicas o privadas; y
- establecer los contactos iniciales con los/las funcionarios/as 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.

Las reuniones periódicas de coordinación de los integrantes de la misión permitirán además al o a la especialista en este sector recibir de los/las demás especialistas informaciones que le puedan ser de utilidad para su trabajo, así como asegurarse que no exista duplicación en las estimaciones con algunos sectores. Esta última materia es de especial importancia con relación al sector transporte, el que está a servicio de la agricultura y la industria, creando oportunidades para el doble conteo de costos.

Las visitas a las zonas afectadas son de un valor inestimable para la evaluación. Generalmente se dispone al inicio de la misión, por parte de las autoridades nacionales, de fotografías aéreas que muestran las zonas afectadas y que permiten tener una idea inicial de los daños sobre el sector. Sin embargo, para la evaluación en sí es indispensable la visita al terreno, que puede verse dificultada por la caída de puentes, socavación de plataformas, anegamiento de caminos, etcétera. Lo anterior puede ser resuelto, al menos en parte, mediante un sobrevuelo – en helicóptero o avioneta – de la zona afectada, complementándolo con recorridos terrestres de aquellas zonas que si sean transitables.

B. CUANTIFICACIÓN DE LOS DAÑOS

1. La red de vías y el transporte terrestre

Con frecuencia los daños ocasionados por los desastres sobre la red vial de caminos son los principales en el caso de muchos eventos. Es usual por lo tanto que las autoridades nacionales o locales hayan realizado al menos una primera estimación acerca de los **daños directos** sobre la infraestructura, lo que usualmente incluye una estimación de los costos de: (i) las reparaciones de emergencia para restablecer un mínimo de comunicación y acceso; (ii) la rehabilitación de la infraestructura hasta una condición similar a cómo se encontraba – o se debería haber encontrado en caso de haberle provisto de un adecuado mantenimiento – antes del desastre; y (iii) los mejoramientos hechos, tales como nuevos desvíos o la construcción de nuevos puentes con una luz aumentada en relación 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/la 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 es debido 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;

- las autoridades locales o nacionales podrían haber sobre-estimado el valor de los daños en un intento por aumentar los fondos a conseguir para la reconstrucción;
- una parte del daño podría haberse producido con anterioridad al desastre mismo, como resultado de un mantenimiento no enteramente adecuado;
- en ocasiones las estimaciones realizadas no incluyen todos los costos de la reconstrucción, al no contabilizar el valor de la mano de obra de planta ya incluida en los presupuestos de los organismos correspondientes;
- a veces las autoridades nacionales consultadas no toman en cuenta los daños ocurridos a la infraestructura de jurisdicción local, o la concesionada a administradores privados, y;
- las estimaciones casi nunca contabilizan los daños a vehículos de propiedad privada.

Así, el/la 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/la especialista del sector, se provee en el cuadro 1 información referente a costos unitarios de algunos acervos típicos del sector.

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

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 de realizar el transporte en la situación posterior al desastre y aquel en la situación previa bajo condiciones normales, y luego multiplicarla por el volumen normal de transporte, ya que ello sobre-estimaría el costo indirecto del desastre. Tampoco es válido multiplicar la diferencia anotada por el volumen de transporte post-desastre por cuanto ello resultaría en una subestimación del daño indirecto.

La tarea que debe realizar el/la especialista en relación con los daños directos requiere de una revisión y actualización de cifras previamente estimadas por las autoridades locales. En cambio, para la estimación de los daños indirectos, al o a la especialista le es preciso partir prácticamente desde cero y hacer una evaluación propia.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

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, reacondicionada	750 000
Locomotora a diesel, de 750 hp, reacondicionada	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, reacondicionado	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

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

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 bajo una situación de normalidad, añadiendo la pérdida de excedente correspondiente a la no realización de viajes originada por la intransitabilidad de vías o los altos costos de circular sobre ellas.

Para ello, se utiliza la fórmula genérica siguiente – que no toma en consideración algunos factores que si se dispusiera de tiempo suficiente convendría incluirlos en el cálculo, tales como la incidencia de los impuestos en los costos de operación de los vehículos –:

$$\text{Costo indirecto} = \int_{q_1}^{q_0} p \cdot \delta q - p_0 [q_0 - q_1] + q_1 (p_1 - p_0) \quad (1)$$

en donde:

q₀	=	el volumen de tránsito en condiciones normales;
q₁	=	el volumen de tránsito después del desastre;
p₀	=	el costo de transporte bajo condiciones normales; y
p₁	=	el costo de transporte después del desastre.

La forma de aplicar esa fórmula varía con las circunstancias, especialmente dependiendo de la disponibilidad de información básica. Bajo circunstancias normales, se aplica para cada tramo de vía afectada, aún cuando ello implique algunas incongruencias, tales como las divergencias que pueda implicar entre el volumen de tráfico en un tramo y el del próximo, o el anterior. Obsérvese que, normalmente, los costos de transporte deberán incluir los del tiempo personal de los viajeros.

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

El procedimiento usual para aplicarla es el siguiente:

1. mediante consultas con los/las ingenieros viales locales, se estima el índice de rugosidad (IRI) de cada tramo de la red vial que haya sido afectada por el desastre, referido al momento anterior al desastre – véase el cuadro 2, para valores representativos del IRI;
2. estimar los costos de operación sobre cada tramo afectado, por tipo de vehículos, en función del IRI, refiriéndose, por ejemplo, a los resultados de aplicaciones similares que se haya hecho aplicando el *Highway Design Model* del Banco Mundial, en el país del desastre, o en otro comparable;

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

3. repetir los dos pasos anteriores para los mismos tramos de red, pero en esta ocasión bajo la condición en que se encuentran después del desastre;
4. con base en las cifras o estimaciones sobre volúmenes de tráfico en cada tramo de la red en condiciones normales – informaciones que se encuentran disponibles en los censos sobre tráfico, o pueden obtenerse mediante consultas con 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 post-desastre, mediante una sencilla formulación matemática, como la ocupada en el caso presentado en el anexo; y,
5. aplicar la fórmula.

Normalmente, le es preciso al o a la especialista en transportes estimar las elasticidades, a base de su experiencia. Sin embargo, cuando se dispone de información acerca de los volúmenes de tránsito posteriores al desastre (q_1 en la fórmula 1), es factible calcularlas en forma aproximada.

Cuadro I - 2

VALORES TÍPICOS DEL IRI, ANTES Y DESPUÉS DE INUNDACIONES, PROMEDIOS VÁLIDOS PARA TRAMOS DE ENTRE 10 A 30 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 deben ser complementados mediante estimaciones adicionales en los casos en que se presenta alguna de las situaciones siguientes (o una combinación de ellas):

- **La caída total de puentes.** En una situación como ésta puede ser necesario tomar también en cuenta, específicamente, costos como, según las características del caso, los de la inmovilización de los camiones y sus tripulantes en ambas orillas del río, los de transbordar la carga hacia lanchas para cruzar el río, los requeridos para operar una especie de *shuttle* ferroviario establecido sobre un puente paralelo, y los de la utilización de largos desvíos por rutas alternas.
- **La transferencia de tráfico camionero o de autobuses hacia transporte aéreo.** Bajo este caso es posible seguir aplicando la fórmula arriba descrita, con la diferencia que los valores de q_1 y p_1 deberán referirse a un medio de transporte distinto al de caminos.
- **Los desvíos del tránsito hacia rutas más largas.** En este caso particular será necesario tomar en cuenta la mayor distancia por cubrir, y no solamente el mayor costo unitario de transporte por kilómetro.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

Resulta obvio de las consideraciones anteriores, que el/la especialista en el sector deberá estimar el período de tiempo durante el cual la red vial permanecerá averiada. En relación con este tema, téngase en cuenta que las autoridades nacionales suelen ser demasiado optimistas, razón por la cual el/la especialista en transporte y comunicaciones se ve forzado a realizar estimaciones propias, que tomen en cuenta la productividad de la maquinaria y mano de obra que debería 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 de las obras. El costo indirecto así derivado debe ser expresado en valor presente, aplicándose a los costos futuros la correspondiente tasa de descuento.

Los costos indirectos en otros subsectores del área transporte resultan ser generalmente inferiores a las del caminero. Si bien es factible aplicar los mismos conceptos antes descritos para su evaluación, se requiere de tomar en cuenta algunas consideraciones adicionales. Al respecto, considérese por ejemplo el caso del transporte por ferrocarril y supóngase que éste ha sido interrumpido debido a un desastre natural. Es probable que una parte del tráfico habitual en dicho servicio sea desviada hacia otros medios, tales como el de carreteras, en tanto que otra parte sea simplemente no realizada. En tal situación, para la aplicación de la fórmula 1, los costos p_0 se referirían al medio ferroviario, y los costos p_1 corresponderían al medio alterno. Los fletes que cobran las empresas ferroviarias, especialmente las privadas, normalmente se sitúan por encima de los costos marginales, de corto plazo, para realizar el transporte. Los valores de p_0 deberían de reflejar los fletes pagados por los clientes, y la aplicación de la fórmula 1 permitirá estimar la pérdida de los usuarios de los equipos ferroviarios. A ello será necesario agregar la pérdida sufrida por la empresa ferroviaria, lo cual consiste aproximadamente en su lucro cesante. Ésta 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, y
c_1	=	el mismo valor, pero en el caso 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 los servicios ferroviarios que son distintos del flete propiamente dicho, tales como el costo en 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/la especialista en transporte tiene que aplicar su criterio y experiencia para adaptar los lineamientos anteriores a cada caso particular.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

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

Dichas empresas son usualmente más reticentes que los organismos gubernamentales a proporcionar la información básica, salvo si se dan cuenta en 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 otros entes oficiales.

Por otra parte, cuando se daña la infraestructura de transporte que ha sido concesionada, y seguramente tarifada, se pueden producir pérdidas tanto para los usuarios como para los concesionarios o dueños privados del servicio. La fórmula 1 puede ser utilizada en principio para estimar la pérdida de los usuarios, teniendo en mente que los valores p_0 y p_1 deberán reflejar las tarifas pagadas por los usuarios, en lugar del costo marginal o directo de proveer el 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 del subsector caminero, especialmente en lo que a los **daños directos** se refiere. Sin embargo, por las características de cada medio de transporte, la orientación del análisis sufre modificaciones, para adaptarlo 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 las 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. Por otra parte, el aire, los ríos y los mares quedan esencialmente iguales que antes. El nivel del agua en los ríos puede ser diferente que normalmente es, pero esto no hace cambiar, por sí mismo, los costos de operación de los buques. En los casos del transporte acuático o aéreo, es normal, después de un desastre, sobre una ruta específica, que el transporte se hace, o no se hace, pero sí se hace, los costos de operación propiamente tales probablemente serán iguales que antes. Las excepciones incluyen los casos en que, por ejemplo, una baja en el nivel de agua de un río, obliga el uso de embarcaciones menores que las que normalmente se ocupan, implicando un aumento en los costos de transporte por unidad de tráfico; o, por la mala condición de una pista de aterrizaje, puede ser necesario la

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

utilización de aeronaves de menor capacidad que los que normalmente se ocupan. En estos casos excepcionales, la fórmula 1 es directamente aplicable.

Por otra parte, si el transporte acuático o aéreo no se efectúa, por las malas condiciones climáticas durante el propio desastre, o el mal estado posterior de las instalaciones en los terminales, es, a veces, sumamente difícil determinar los valores p_1 , es decir, el costo unitario del transporte pos-desastre, incluidos los componentes pagados por los usuarios más allá que el propio flete, como, por ejemplo, el valor del tiempo personal dedicado al viaje. A raíz de que hay menos transporte, o ninguno sobre algunos ejes, el costo total del transporte puede bajar. (En ejes en que, pos-desastre, no hay transporte, el valor de q_1 es cero, significando que también lo es el componente $q_1(p_1 - p_1)$ en la fórmula 1.) El analista deberá estimar ese menor costo, tomando en cuenta que algunos elementos de costos, como una parte de la depreciación, de la mano de obra, y de la administración no variarían. Se debería recordar que una parte del transporte que no se hace en, o inmediatamente después, del desastre, se hará después, por la operación de un mayor cantidad de servicios para atender la demanda no acomodada durante la paralización.

En el caso de un despacho de carga que se atrasa en algunas semanas, por la inexistencia transitoria de servicios de transporte, los costos p_1 deberían incluir los intereses, que se puede estimar sin grandes dificultades, y los costos del deterioro de los productos, que a veces son más difíciles de cuantificar. La no llegada oportuna de la carga podría encadenar, además, otras consecuencias, de mayor costo, como el mayor sufrimiento humano por falta de medicamentos en el lugar de destino, o la paralización de algún proceso industrial, por falta de materiales. Tales consecuencias deberían ser evaluadas por los/las especialistas sectoriales correspondientes. En el caso de los viajes de personas que se efectúan con atrasos, los costos p_1 deberían incluir alguna estimación del costo de la inconveniencia de no poder viajar oportunamente. Sin la realización de encuestas, que nunca es posible hacer 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 necesaria; una manera, que lamentablemente carece de satisfacción intelectual, se sugiere en la próxima sección.

3. El sector de telecomunicaciones

El sector de las 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, pueden dividirse entre los directos y los indirectos.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

El tratamiento del sector de telecomunicaciones en el caso de desastres es similar, en principio, al del de transporte, especialmente al del transporte bajo el régimen de concesiones, por cuanto la mayoría de las empresas de telecomunicaciones ya pertenece al sector privado. Los costos directos pueden comprender el valor de la reposición de daños a tres categorías de infraestructura, es decir: (i) las instalaciones que desde donde se administran las telecomunicaciones; (ii) las que transmiten los mensajes, y; (iii) 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 de antenas y cables y, en principio, incluyen también el aire, por donde pasan los rayos de onda corta que llevan los mensajes telefónicos inalámbricos. Las de la tercera categoría incluyen los teléfonos fijos y móviles, las computadoras, y los aparatos de fax.

La estimación de los costos de rehabilitación del servicio, contemplando la reposición de esos tipos de infraestructuras, que hayan sido destruidos 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 veinte, el que está continuando durante los primeros del siglo veintiuno. Dicho progreso trae consigo la obsolescencia prematura, y una depreciación muy rápida, de algunos tipos de infraestructura, dando como implicancia una posible sobrevalorización de componentes del patrimonio de las empresas de telecomunicaciones, en sus balances contables.

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 su valor del mercado de la infraestructura en el momento de ocurrencia del desastre. En casos de una inexistencia de un mercado de algunos tipos de equipos o infraestructura en el país receptor del desastre, el analista debería estimar los valores correspondientes a base de una determinación realista de la vida económica de cada tipo de equipo y el perfil por edad y tipo de los elementos destruidos.

Referente a los equipos dañados, a veces el costo de repararlos es injustificable, a raíz de la mayor productividad y costo modesto de los equipos correspondientes de la generación siguiente. En tales casos, en lugar de considerar el costo de reparación, el/la analista podrá contabilizar:

$$\frac{(\text{costo del equipo nuevo}) \times (\text{productividad del equipo antiguo})}{(\text{productividad del equipo nuevo}) - (\text{valor residual del equipo antiguo})}$$

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

Sin embargo, cada caso tiene sus propias características, debiendo aplicar a él el/la analista su experiencia profesional y juicio.

Referente a los daños indirectos, igual que en el caso de un ferrocarril concesionado, en general el desastre genera costos 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, los incurridos por los usuarios, según se explica a continuación.

En las telecomunicaciones, los sistemas pueden dañarse y hacer imposible la comunicación del usuario, que deseara hacer una llamada telefónica, enviar un facsímil 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 capítulo, en el sentido de que, inmediatamente después del desastre, una comunicación entre algunos puntos y algunos otros, simplemente no es posible, a cualquier costo.

Se trata entonces de estimar el valor promedio de los llamados, facsímiles y mensajes de correo electrónico que se dejan de realizar. En términos prácticos, el/la especialista no dispondrá de formas conceptualmente satisfactorias de estimar tal cifra. En ocasiones, se ha recurrido al recurso de valorizar un llamado desde el punto de vista del usuario, suponiendo un valor del doble al que paga normalmente. Esto equivale a adivinar el valor del llamado, sin contar con las bases de poder de hacerlo. Sin embargo, mejores opciones raras veces se presentan en evaluaciones reales. Lo ideal sería disponerse de estudios del sector de comunicaciones en que se identifique la función de la demanda de los llamados, facsímiles y mensajes de correo, relacionando, de esta manera, la cantidad o volumen de llamados que se efectúan con el precio de cada uno de ellos.

Ocasionalmente, puede revelar datos que permiten la estimación de una función de demanda de llamados telefónicos (o mensajes de correo electrónico, etc.) 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 podría efectuar unos q_0 llamados, de 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 esté disponible, los ciudadanos realizarían solamente q_1 llamados, desde carpas de emergencia tendidas por el ejército, al mismo precio de p_0 , más una demora de tres horas, esperando 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, siendo la 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, y

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

susceptible a daños, puede ser sustituido, a lo menos transitoriamente, por una alternativa inalámbrica.

4. Infraestructura costera

Esta parte del capítulo se centra en los impactos a la infraestructura costera causados por desastres. Su relevancia es mayor en el caso de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID), donde fenómenos naturales como huracanes pueden causar 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 ellas se concentra en las áreas costeras la mayoría de la infraestructura: desarrollos urbanos (incluyendo infraestructura crítica como hospitales, estaciones de policía, servicios públicos), centros industriales, infraestructura portuaria, incluyendo la deportiva, comunidades pesqueras y desarrollos turísticos entre otros. En la región de el 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 casos, sin embargo, tiende a haber una concentración de carreteras costeras que unen los centros urbanos con las áreas de desarrollo turístico. El daño estas infraestructuras a menudo tiene efectos devastadores en las economías de las islas pequeñas, y en algunos casos a generado condiciones muy difíciles durante un año o más, hasta que los diferentes sectores son rehabilitados.

a) Requerimientos de información

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

- La agencia (o agencias) responsables de la construcción y/o reparación de las principales arterías 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 el 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 pueden haber causado daño;

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

- Conocimiento de los códigos de construcción y de los 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 crítica en el caso de huracanes);
- Estimación de las necesidades de trabajo de protección costera en 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 los cruceros se combinan, en la 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 pueden ofrecer 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 encuentren en zonas protegidas de forma natural.

Los requerimientos de información para la evaluación de daños de 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 específicos dañados cuando sea el caso;
- Inventario de los daños en las estructuras de amarre;
- Conocimiento de las condiciones del fenómeno natural destructivo que provocó el desastre;
- Conocimiento general de la batimetría del fondo marino en la zona de 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 existencia y conservación de playas y borde costero es de extrema importancia para el mantenimiento de la industria turística y para la conservación 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 el caso de línea litoral que no es 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 de tortugas. Además, cuando se produce una erosión masiva de playa, la arena removida puede cubrir praderas marinas y arrecifes de coral. La recuperación de la playa normalmente ocurre de manera natural, aunque pueden ser necesarias acciones de ayuda en el proceso de rehabilitación.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

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

- Conocimiento de las regulaciones existentes por parte de la autoridad ambiental;
- 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 prevaleciente en 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 que puede ser 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;

iv. Sistemas de agua potable y de tratamiento y disposición de aguas residuales. En muchas áreas costeras e islas, la ausencia de precipitaciones adecuadas de o de acuíferos, implica la necesidad de extraer agua potable de a partir de 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 puede ser ocasionalmente al mar, aunque también puede ser reusada en agricultura. Los daños a los sistemas de agua potable o a los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales pueden tener consecuencias dramáticas para la población, ya que implican serios riesgos para la salud.

Para la evaluación de los daños de 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

Las siguientes instituciones son fuentes posibles de la información requerida 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 ambientales.

c) Descripción de daños

i. Daños directos

Vías de comunicación costeras

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

Infraestructura portuaria (incluyendo puertos deportivos)

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

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

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

Vías de comunicación costeras

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

Infraestructura portuaria (incluyendo puertos deportivos)

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

Playas y línea litoral

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

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

- Actividades asociadas a la rehabilitación (distribución de agua por camiones cisternas 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)
- 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, etc.)
- Seguros comprometidos

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

d) Cuantificación de daños y pérdidas

i. Daños directos. En la cuantificación de daños durante el proceso de evaluación, el/la especialista en infraestructura costera debe relacionarse con personal contraparte de las agencias locales involucradas 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 daños y de las necesidades de rehabilitación.

Para cuantificar los daños directos de 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 varían desde 1:25,000 hasta 1:2,500 dependiendo del país en cuestión y del daño a analizar;
- En conjunto 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 cuando es posible la reparación y cuando 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 que deberán formar 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 averiguar lo siguiente:

- Mapas del área portuaria, preferiblemente a escala 1:2,500.
- Datos de batimetría del área afectada;
- En conjunto con personal local y a través de visitas de campo, determinar la extensión física de los daños;
- Evaluar el daño real sufrido, clasificándolo en función del tipo de área. Por ejemplo, zona de rompeolas, zonas de atraque, instalaciones terrestres, etc.
- Analizar cuando es posible la reparación y cuando 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 pérdida;

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

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

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 y significará que el/la especialista en infraestructura costera identifique los daños más significativos y las fuentes de información más apropiadas en un corto periodo 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 ingreso por disminución de ventas de suministros a embarcaciones deportivas;
- 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 periodo de rehabilitación y pérdida promedio de ingreso;
- Pérdidas de ingreso para las empresas de agua potable.
- Pérdida de ingreso de las instituciones encargadas de los sistemas de saneamiento;
- Costos incrementales de proporcionar agua potable y tratamiento y disposición de aguas residuales de forma alternativa.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

La sección anterior describe las metodologías para la estimación de daños relacionados con las instalaciones e infraestructuras costeras; muchas de ellas se relacionan con otros sectores. Por ejemplo, los daños a los sistemas de agua potable y saneamiento deben ser incluidas 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 ser incluidas en el capítulo ambiental. Debe prestarse especial atención para evitar doble contabilidad en tales casos. Sin embargo, los daños y pérdidas relativas a vías de comunicación, pistas de aterrizaje y aeropuertos, puertos y embarcaderos, etc. deben ser estimados y contabilizados en el sector de transporte y comunicaciones.

5. Otros efectos

Al igual que en los demás sectores, el de transporte y comunicaciones requiere del desglose entre los daños sufridos por el sector público y el sector privado, tanto porque el tratamiento de su rehabilitación y reconstrucción puede ser mediante modalidades distintas, como porque ello tiene implicaciones sobre el impacto del desastre sobre la mujer, por ejemplo. Por ello, el/la especialista deberá señalar el monto de daños directos e indirectos para cada sector.

De igual forma, los daños en transporte y comunicaciones pueden tener efectos sobre el desempeño macroeconómico del país. El sector externo puede verse perjudicado por las mayores importaciones de maquinaria, equipo y materiales que se requieren para la reconstrucción y que no son producidos en el país afectado, así como también por exportaciones que no se realizan a causa de la falta de conectividad o porque los bienes perecederos que iban en tránsito al ocurrir el desastre no alcanzan a llegar a destino en buenas condiciones. Aun en casos en que la maquinaria, etc., que se necesita para la reconstrucción, se produce dentro del país, normalmente incorpora algunos componentes importados. Además, el consumo de recursos nacionales por la reconstrucción puede reducir la oferta exportable, como en el caso del petróleo ocupado en las etapas de recuperación después de un desastre, en un país productor de este elemento.

La posición de las finanzas públicas puede verse también afectada debido a que ocurren 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, aumentando el déficit fiscal si la situación es suficientemente grave. Toda esta información, estimada por el/la especialista en transporte y comunicaciones debe ser entregada al o a la especialista en análisis macro-económico para su debida consideración.

Por otro lado, 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 femenina en la propiedad de 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/la especialista en transporte y comunicaciones debe asegurarse de – en estrecha

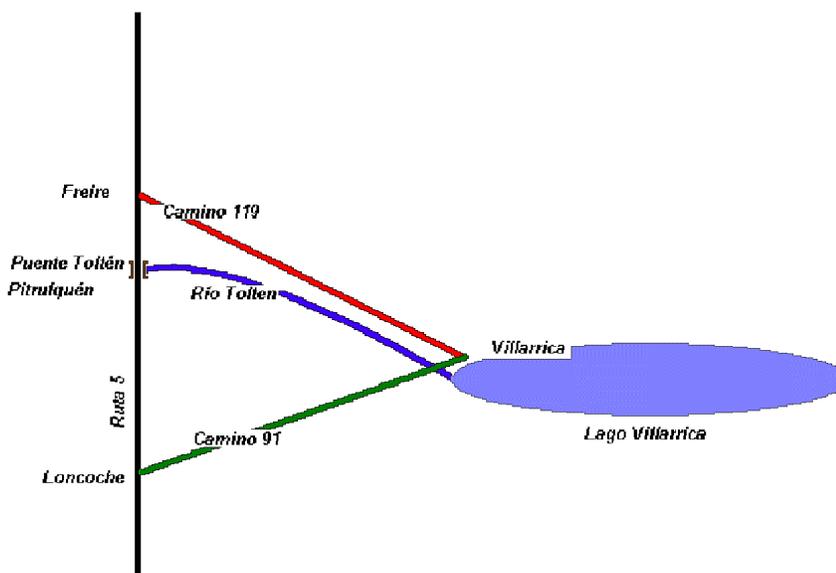
TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

cooperación con los/las especialistas en empleo y en el tema de género – realizar las estimaciones correspondientes en estos casos.

En el anexo siguiente 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 la forma de su utilización.

ANEXO IX
ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS SOCIOECONÓMICOS
OCASIONADOS POR LA AVERÍA SOSTENIDO POR UN PUENTE CARRETERO
A RAÍZ DE LA CRECIDA DE UN RÍO

Ubicación geográfica. La carretera principal chilena, que extiende desde Arica, por Santiago, hasta Puerto Montt, teniendo un largo de un poco más de tres miles de kilómetros, es conocida como la Ruta 5. La Ruta 5 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 fue construido 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.



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 hacer una vuelta, más larga en unos 46 kilómetros, por una ruta a la que se referirá en el presente anexo a la variante Villarrica. Véase el mapa esquemático en la figura adjunta. El tráfico local enfrentó un aumento en costos de hasta un 700%. Sin embargo, la mayor parte de los costos totales causados por la avería al puente, se atribuyeron al: (i) tráfico de más larga distancia, hasta la colocación de un puente tipo Bailey, el 16 de septiembre, y; (ii) tránsito normal de la variante Villarrica, que incurrió en mayores costos de operación vehicular por el deterioro en la calidad de la carpeta

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

pavimentada, a raíz del tráfico pesado desviado a ese camino alternativo. El desplazamiento de personas fue atendido por 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.

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 rutinaria sobre 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;
- ◆ + idem en la post-emergencia;
- ◆ + 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, por desgaste a la carpeta;
- ◆ + mayores tiempos de viaje de personas que cambiaron de bus a tren;
- ◆ - menores costos de operación de buses en emergencia, por transferencias a trenes, y;
- ◆ - idem en la pos-emergencia.

La estimación de pérdidas. Las pérdidas de excedente se estimaron de una manera aproximada, ocupándose la fórmula siguiente:

$$\int_{q_i^1}^{q_i^0} c_i \cdot \delta q$$

donde: q_{i0} = volumen de tránsito, pre-desastre, vehículos de tipo **i**
 q_{i1} = volumen de tránsito pos-desastre, vehículos de tipo **i**
 c_i = costo de tránsito de vehículo de tipo **i**.

En general, fue considerado 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, reflejando que el

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA

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 los 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 diferirían de los últimos, por incluir los 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.

Resultados y conclusiones. El valor presente del costo socioeconómico generado por el daño al puente, en pesos chilenos de diciembre de 1994, se estimó en CLP 5 619 millones, 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 CLP 800 millones, 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 CLP 250 millones.

Es decir, por la inversión de unos CLP 1 050 millones, habría sido posible evitar daños socioeconómicos de CLP 5 619 millones, en el caso de un solo puente, sin tomar los demás 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.

TERCERA PARTE: INFRAESTRUCTURA
