

## **CAPÍTULO 7**

### **MATRICES DE VULNERABILIDAD**

En este capítulo se presentan las matrices asociadas a la amenaza “deslizamientos” aplicadas al estudio de caso. Con las matrices es más fácil priorizar la toma de medidas de mitigación o reforzamiento y determinar otras formas de abastecimiento durante el tiempo de rehabilitación.

Por la ubicación del sistema analizado, la topografía irregular, hoyas de influencia, fallas geológicas que la cruzan y geología predominante del terreno, en la elaboración de las matrices de vulnerabilidad se ha seguido los lineamientos generales establecidos de la OPS/OMS para: (a) sismos; (b) huracanes y (c) inundaciones y crecientes de ríos.

El contenido de las matrices refleja los resultados de una muestra de inspecciones a lo largo de la línea, así como resultados de evaluaciones analíticas de algunos componentes del sistema estudiado.

Al igual que en el cálculo de la probabilidad de falla, los valores de las matrices de vulnerabilidad se han generalizado a lo largo de la línea y se ha asumido un mantenimiento e inspección promedios. Los tiempos de rehabilitación, costos e insumos necesarios sólo constituyen una guía general.

## Vulnerabilidad operativa, agua potable

**Matriz 1**  
(Ver notas en página siguiente)

<b>Componente del sistema (1)</b>	<b>Capacidad del componente</b>	<b>Requerimiento actual (2)</b>	<b>Déficit (3)</b>	<b>Continuidad (4)</b>	<b>Calidad del agua (5)</b>
Chimeneas de equilibrio	Ø 3,5 m hasta 100 m altura				
Captación. Represas de tierra	Diseñada para absorber creciente milenaria				
Tuberías (zona plana)	6 a 8 m <sup>3</sup> /seg				
Tuberías (en ladera)	6 a 8 m <sup>3</sup> /seg				
Estación de bombeo					
Tanque de succión					
Subestación de alto voltaje	115 - 6 KV				
Puentes (tuberías)					
Puentes (carreteros)					
Túneles (forzado)					
Planta pretratamiento					
Planta tratamiento	9 m <sup>3</sup> /seg				
Vías de acceso (inspección, mantenimiento o reparación)					

## Vulnerabilidad física e impacto en el servicio

### Matriz 2a

(Origen natural: deslizamientos por gravedad terrestre; incluye la operación del sistema como agravante de origen antrópico)

(1)	(2)	(3)	(4a)	(4b)	(4c)	(5)
Tipo de amenaza	Características de la amenaza	Prioridad relativa de la amenaza	Sistema de información y alerta		Medios de comunicación	Áreas de impacto
			externos	internos		
Deslizamiento progresivo de taludes; fenómenos de repteo. Acelerado por presencia de agua proveniente de fugas o derrames.	La ocurrencia de fugas condiciona esta amenaza. El sistema es objeto de inspecciones permanentes. Los deslizamientos masivos se consideran poco probables en el sistema.	Primera prioridad en áreas cercanas a fundaciones de tanques, chimeneas, estaciones de bombeo.	No	Cuadrillas de inspección y mantenimiento.	Red de radio- teléfonos de la empresa.	Impacto local y de fácil control, salvo el caso de deslizamientos masivos.

**Continuación de la matriz 2a**

<b>(6a)</b>	<b>(6b)</b>	<b>(7a)</b>	<b>(7b)</b>	<b>(7c)</b>	<b>(8)</b>
<b>Componentes expuestos</b>	<b>Estado del componente</b>	<b>Daños estimados</b>	<b>Tr (días)</b>	<b>Capacidad remanente inmediata</b>	<b>Impacto en el servicio</b>
1) Fundaciones de tanques de succión. 2) Fundaciones de chimeneas verticales. 3) Obras conexas a planta de tratamiento. 4) Tuberías en ladera. 5) Vías de acceso. 6) Embalses.	1) y 2) Algunos casos con reserva marginal. Requieren análisis detallado. 3) Aceptable. 4) Algún caso de tubería desplazada por repteo. 5) Aceptable; deslizamientos incipientes en ciertos tramos. 6) No inspeccionado.	1) y 2) Un deslizamiento masivo podría inhabilitar el sistema. Requiere evaluación. 3) Limitados. 4) Depende de la extensión. Si el tramo es de juntas soldadas, la reserva es mayor que con juntas Dresser. 5) Bloqueo temporal. 6) No evaluado.	1 y 2) Evaluación incierta. La falla de una chimenea vertical puede paliarse con una chimenea inclinada. 50 a 100 3) 5 a 10. 4) 20 a 30. 5) 1 6) --	1) y 2) 0 a 30% 3) 70% 4) 40% 5) No incide 6) --	Aproximadamente 300 a 600 mil personas afectadas; tres hospitales públicos podrían quedar sin agua o con suministro reducido.

## Vulnerabilidad física e impacto en el servicio

### Matriz 2b

(Origen natural: deslizamientos por lluvias torrenciales, vaguadas con o sin vientos huracanados)

(1)	(2)	(3)	(4a)	(4b)	(4c)	(5)
Tipo de amenaza	Características de la amenaza	Prioridad relativa de la amenaza	Sistema de información y alerta		Medios de comunicación	Áreas de impacto
			externos	internos		
Deslizamientos causados por lluvias intensas y arrastre de sólidos. Contaminación proveniente de zonas de escombros contaminantes sujetos a deslizamientos, transformándose en contaminantes líquidos.	La pluviosidad media de la zona está caracterizada por precipitaciones anuales del orden de 1.000 mm, siendo los meses de menor precipitación de diciembre hasta abril (véase la figura 2.4).	Constituye la amenaza natural más probable.	Defensa Civil	Red de radio y telefonía de la empresa.	Radio, TV, prensa, oficina de prensa de la Empresa.	Depende de la distribución de intensidades de lluvia; puede ser de decenas de km <sup>2</sup> . En general, el impacto siempre alcanza las zonas de captación (cotas más bajas del sistema); las zonas de mayor pendiente serán propensas a deslizamientos, especialmente si la tormenta ocurre al final de la estación de lluvia (véase las figuras 3.11 y 3.12).

**Continuación de la matriz 2b**

(6a)	(6b)	(7a)	(7b)	(7c)	(8)
Componentes expuestos	Estado del componente	Daños estimados	Tr (días)	Capacidad remanente inmediata	Impacto en el servicio
1) Contaminación de captaciones y saturación de plantas de tratamiento. Eventual acceso de barro a las bombas. 2) Terrenos inestables que amenacen fundaciones de tanques, chimeneas o pilas de puentes. 3) Desplazamiento de tuberías en ladera. 4) Vías de acceso. 5) Deslizamiento en embalse.	1) Satisfactorio. No se conoce el grado de colmatación de la represa. 2 y 3) En algunos casos la tolerancia a nuevos deslizamientos es marginal. Requiere análisis detallados de ingeniería. 4) Aceptable. 5) No evaluado.	1) No se esperan daños. Sólo acceso de material en suspensión, incremento de turbidez y eventual contaminación. 2 y 3) Pueden llegar a ser muy importantes. 4) Interrupción temporal del tránsito. 5) --	1) 4 a 6 2) 40 a 60 3) 20 a 30. 4) 1 5) --	1) 0 a 30% 2) 30% 3) 40 % 4) No incide 5) --	Aproximadamente 300 a 600 mil personas afectadas. Tres hospitales podrían quedar con suministro reducido.

NOTA: Esta matriz está en revisión a la luz de las lluvias excepcionales del 10-11 de Julio de 1997.

## Vulnerabilidad física e impacto en el servicio

**Matriz 2c**  
**(Origen natural: deslizamientos por sismo)**

(1)	(2)	(3)	(4a)	(4b)	(4c)	(5)
Tipo de amenaza	Características de la amenaza	Prioridad relativa de la amenaza	Sistema de información y alerta		Medios de comunicación	Áreas de impacto
			Externos	internos		
Inestabilidad de taludes concomitante con la acción sísmica o bien horas, hasta días, después. Puede ser acelerado por lluvias anteriores o posteriores al sismo.	Esencialmente debido a movimiento vibratorio. Su extensión e importancia se da en la sección 2.1	Amenaza natural con períodos de retorno de varias decenas de años.	Véase la Matriz 2b.	Véase la matriz 2b.	Véase la Matriz 2b.	Véase la sección 2.1. Impacto máximo representado por eventual bloqueo de afluente principal.

(6a)	(6b)	(7a)	(7b)	(7c)	(8)
Componentes expuestos	Estado del componente	Daños estimados	Tr (días)	Capacidad remanente inmediata	Impacto en el servicio
1) Interrupción del afluente a las zonas de captación. 2) Fundaciones de instalaciones críticas: tanques de succión, chimeneas de equilibrio, estación de bombeo. 3) Tubería en ladera. 4) Vías de acceso.	Véase la matriz 2a	1) Deslizamiento masivo que bloquea el afluente principal. 2) Requiere evaluación. 3) Depende de la extensión (véase la matriz 1a) 4) Bloqueo temporal.	1) Liberación de agua almacenada por bombardeo aéreo; turbidez: 20 - 40 2) 50 a 100 3) 20 a 30 4) 1 a 2	1) 0 a 20 2) 0 a 30 3) 40 4) No incide	Aproximadamente 300 a 600 mil personas afectadas. Tres hospitales podrían quedar con suministro reducido.

### Vulnerabilidad operativa (1)

Matriz 4

Componente	Mitigación	Costo \$ X 10 <sup>5</sup>	Emergencia	Costo US\$ X 10 <sup>5</sup>
Incremento de turbiedad en el agua cruda			Reducir el tiempo para alcanzar turbiedad aceptable. Elevación de la alcalinidad para lograr floculación.	0,3
Caída de torres de alta tensión por deslizamiento			Disposición de líneas temporales mientras dura la emergencia.	0,3
Riesgo de contaminación por deslizamiento y arrastres en zonas industriales			Cloración y tratamiento de efluentes.	0,2
Deslizamiento masivo en embalse que afecta fuente de captación	No analizado			

## Vulnerabilidad física (2)

### Matriz 4

Componente	Mitigación	Costo US\$ X 10 <sup>5</sup>	Emergencia	Costo US\$ X 10 <sup>5</sup>
Fundaciones de chimeneas de equilibrio, tanques de succión y de puentes	Requieren evaluación detallada y obtención de muestras.	0,5	Obras de protección de fundaciones en instalaciones afectadas, no mitigadas.	15
	Muros-pantalla	25 (1)		
Tuberías en ladera	Obras de drenaje y eventual estabilización con apoyo de concreto (sección 3.6).	10	Reparación de tuberías desplazadas (no mitigado)	20
Obras conexas a planta de tratamiento	Disposición de muros o gaviones (sección 3.6.3).	0,5	Reparaciones menores	0,3
Vías de acceso	Ninguna		Contratación para la limpieza de vías de acceso.	0,5
Riesgo de deslizamiento masivo	Requiere evaluación.	0,5	Desbloqueo del río (no mitigado)	3
	Cambio de la geometría de los taludes.	15		

(1) Supone construcción de algunos muros-pantalla

## Vulnerabilidad administrativa (3)

**Matriz 4**  
**Medidas de mitigación y emergencia**

Área	Mitigación (3A)		Emergencia (3B)	
		Costo US\$		Costo US\$
<b>Operación y mantenimiento</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sí existe un plan de mantenimiento preventivo. La empresa planifica los trabajos de mantenimiento durante los fines de semana y los días de asueto.</li> <li>2. Mantiene un plan aceptable de operación y de interconexión de los sistemas para surtir agua a la población.</li> <li>3. La empresa cuenta con personal capacitado y conocedor de los sistemas, pero debiera incrementarse.</li> <li>4. No hay un almacén de repuestos para enfrentar los desastres (transformadores, tubos, válvulas, aisladores, etc.).</li> <li>5. Se requiere un inventario de materiales y equipos, de Hidrocapital y demás empresas filiales.</li> <li>6. Existen diferencias en la inspección del sistema de producción.</li> <li>7. Conviene incrementar las medidas de mitigación en las operaciones cotidianas de la empresa.</li> <li>8. Es necesario adquirir tanques portátiles.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar el diagnóstico de daños.</li> <li>2. Movilizar el personal de operación y mantenimiento con experiencia en el manejo de emergencias.</li> <li>3. Priorizar la reparación de daños.</li> <li>4. Programar, dirigir y controlar las labores de rehabilitación.</li> <li>5. Solicitar apoyo de equipo y materiales necesarios a otras filiales.</li> <li>6. Establecer horarios para el racionamiento de agua.</li> <li>7. Solicitar apoyo con camiones cisterna.</li> <li>8. Clorar efluentes.</li> <li>9. Mantener un registro de las acciones efectuadas (bitácora).</li> </ol>	
<b>Apoyo administrativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se requiere un fondo de emergencia, apartado del presupuesto.</li> <li>2. Se debe garantizar la asignación de los recursos financieros y la aplicación de medidas de mitigación como parte de los proyectos de desarrollo en ejecución o a ejecutar.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disponer de recursos financieros y trasladarlos a las zonas afectadas.</li> <li>2. Dar instrucciones para atender de inmediato los requerimientos del área afectada (dinero, personal, materiales y equipos) durante las 24 horas del día, inclusive los fines de semana.</li> </ol>	
<b>Subtotal (3)</b>				
<b>Total</b>				

## Vulnerabilidad administrativa (continuación)

### Matriz 4 Medidas de mitigación y emergencia

Área	Mitigación (3A)		Emergencia (3B)	
		Costo US\$		Costo US\$
<b>Organización institucional</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No existe un plan de medidas de mitigación para reducir la vulnerabilidad operativa, física ni organizativa. Ello se debe a que no se ha realizado a cabalidad un análisis de vulnerabilidad que determine cuáles son los elementos más débiles; el análisis de vulnerabilidad permitirá reforzar racional y económicamente los componentes, instalaciones y el funcionamiento de los sistemas de agua potable.</li> <li>2. No existen normas que incorporen los planes de mitigación dentro de la programación y desarrollo de las actividades normales de la empresa.</li> <li>3. El personal profesional técnico y administrativo de la empresa debería recibir capacitación permanente sobre cómo afrontar situaciones de emergencia.</li> <li>4. No se realizan pruebas de eficiencia (simulacros) para medir la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.</li> <li>5. Existen deficiencias de comunicación con los usuarios.</li> <li>6. Faltan procedimientos, instructivos e información para movilizar y usar los recursos empresariales disponibles en el caso de un desastre.</li> <li>7. Los convenios y apoyo de otras entidades (Defensa Civil, MARNR, Funvisis, Ministerio de Desarrollo, etc.) son limitados.</li> <li>8. Se requiere una política institucional para atender situaciones de desastre.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalar los centros de emergencia y operaciones.</li> <li>2. Lograr coordinaciones con otras instituciones, técnicos y entidades de socorro.</li> <li>3. Mantener a la comunidad informada de lo ocurrido y de las operaciones que se lleven a cabo para resistir el servicio.</li> </ol>	