

**"Documento original en mal estado"**

Tabla 3.5  
Desperfechos en la red de distribución de agua potable - Terremoto Chile 1985 (M&S-7.8)

Diámetro (mm)	Asbesto - Cemento		Hierro Fundido		P.V.C		Acero		Hierro Galvanizado		
	Gran Valparaíso	Provincia San Antonio	Gran Valparaíso	Provincia San Antonio	Gran Valparaíso	Provincia San Antonio	Gran Valparaíso	Provincia San Antonio	Gran Valparaíso	Provincia San Antonio	
50	43	24	73	7	2	2	20	2	2	2	
75	239	51	29	5	4	4	2	2	2	2	
100	298	81	23	15	7	31	18	2	1	1	
125	18	9	1	18	1	1	1	1	1	1	
150	61	15	8	5	5	8	1	1	1	1	
200	32	20	4	3	1	1	1	1	1	1	
235	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	
250	4	12	1	1	1	1	1	1	1	1	
400	3	1	1	8	1	1	3	3	1	1	
500	1	1	1	1	1	1	14	1	1	1	
600	1	1	1	1	1	1	27	2	1	1	
700	1	1	1	1	1	1	14	1	1	1	
Total	701	215	151	62	17	46	63	32	23	2	
Porcentaje de la red por material											
Material	Gran Valparaíso				Provincia de San Antonio				Material		
Asbesto Cemento	55				72				Asbesto Cemento		
Hierro Fundido	30				19				Hierro Fundido		
P.V.C	7				2				P.V.C		
Acero	6				6				Acero		
Hierro Galvanizado	2				1				Hierro Galvanizado		
Total	100%				100%				Total		

Fuente: "Terremoto, Marzo 1985. ESYAL: Una Experiencia", Andrés Acuña, Seal George. 6º Congreso Chileno de Ingeniería, Santiago y Ambiens, 1985.  
Obs: La Provincia de San Antonio y Gran Valparaíso, estaban ubicadas en zona epicentral para el terremoto de 1985.

Tabla 3.6  
Tipos de desperfecto por material en la red de agua potable - terremoto Chile 1985  
(zona Gran Valparaíso y provincia de San Antonio)

Asbesto Cemento	%	Hierro Fundido	%
Uniones	100	Emplomadura	75
Corte Transversal	80	Corte	15
Corte Longitudinal	10	Perforaciones	10
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Galvanizado</b>	<b>%</b>	<b>Acero</b>	<b>%</b>
Corte Transversal	50	Soldadura Uniones	50
Perforaciones	50	Perforaciones(*)	50
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: "Terremoto, Marzo 1985. ESYAL. Una Experiencia" Andrade Adolfo, Seal George.  
6° Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1985  
(\*) Tubería debilitada por corrosión.  
Otra las tuberías de P.V.C. el 100% de las fallas se dieron en las uniones.

de petróleo, productos industriales o tóxicos en las aguas, causados por el sismo. Este puede ser uno de los efectos más graves del terremoto por riesgos sanitarios en gran escala que puede implicar. En estos casos habrá que buscar, con extrema urgencia, fuentes alternativas de abastecimiento y construir (o habilitar si existen) nuevas obras de captación de agua potable y de conducción de las mismas, si el caso lo requiere.

Tabla 3.7  
Desempeño de las partes de un sistema de aducción de gas bajo sismos<sup>12</sup>

Componente	Desempeño
Tuberías de acero soldado	Si no hay corrosión es poco probable que sufran daño por paso de ondas. Zonas críticas son aquellas de cambio de suelos, cruce de fallas, suelos inestables, conexiones a estructuras rígidas o a otras tuberías. Pueden ser diseñadas para resistir desplazamientos permanentes importantes.
Tuberías de PVC	Pocas experiencias aún. Su ductilidad y baja fricción con el suelo, permiten adelantar que son poco vulnerables. Su resistencia a desplazamientos permanentes es menor que la del acero, pero mayor que la de otras tuberías con juntas.
Estructuras de soporte Elementos de almacenamiento	La acción sísmica se puede exacerbar, por ejemplo, en cruces de ríos, paso de autopistas, zonas inundables. Almacenado bajo tierra (cavernas) o en campos de gas (roca permeable) poco probable que sufran daños; resultan más vulnerables los tanques superficiales.
Medidores de servicio	Adyacentes a los edificios se han dañado por torceduras de miembros o colapso de mampostería.
Tanques de gas natural líquido (no presurizado a-260° F)	Generalmente son los mejor diseñados. Elementos críticos son: fundaciones, interacción suelo-estructura, rigidez al corte y oleaje en el tanque.

<sup>12</sup> Se hace mención a sistemas de aducción de gas debido a su similitud con los de agua potable, especialmente en lo que respecta a las tuberías de conducción de ambos sistemas.

Como ejemplo, para la evaluación de los daños estimados a causa de las acciones sísmicas, se debe prestar especial atención a la estabilidad de los terrenos de fundación incluyendo los puntos descritos anteriormente. La modelación de componentes debe ser representativa de la eventual interacción con otros componentes que puedan modificar su respuesta dinámica bajo las acciones vibratorias del terreno. A modo de ilustración, en las Tablas 3.5, 3.6 y 3.7 se da una síntesis sobre el desempeño esperado en sistemas de tuberías bajo la acción de sismos intensos.

A modo de resumen, entre los efectos esperados en caso de sismos en los sistemas de agua potable y alcantarillado son:

- Destrucción total o parcial de las estructuras de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- Rotura de las tuberías de conducción y distribución, especialmente en las uniones, entre tuberías o con los tanques, con la consiguiente pérdida de agua.
- Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso.
- Modificación de la calidad del agua por deslizamiento.
- Variación (disminución) del caudal en captaciones subterráneas o superficiales.
- Cambio del modo de salida del agua en manantiales.
- Daños por

### Huracanes

Para la caracterización de los huracanes, se dispone de información de varios niveles de complejidad, cuya utilización dependerá del tipo de estudio que se desee elaborar. Los tipos más comunes de datos sobre esta amenaza son los siguientes:

- *Evaluación de la amenaza de eventos huracanados:* Se basa en la información histórica disponible. Por ejemplo, la Comisión de Huracanes del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico (1996) trata sobre los huracanes que presentan mayor peligro, que son los que se originan al este de las Antillas Menores. En la Tabla 3.8 se anotán huracanes importantes que afectaron Puerto Rico a lo largo del último siglo.

De acuerdo a esta Tabla, el área de Puerto Rico ha sido afectada prácticamente por un huracán importante cada década.

Tabla 3.8  
Huracanes que han afectado Puerto Rico entre 1893 y 1996

Evento	Fecha
San Roque	16 de Agosto de 1893
San Canaco	8 de Agosto de 1899
San Felipe II	13 de Septiembre de 1928
San Nicolás	10 de Septiembre de 1931
San Ciprián	26 de Septiembre de 1932
Santa Clara (Betsy)	12 de Agosto de 1956
Hugo	18 de Septiembre de 1989
Marilyn	16 de Septiembre de 1995
Hortense	9-10 de Septiembre de 1996

- **Mapas de zonificación:** El potencial de daños está directamente relacionado a la velocidad del viento y a las alturas de las olas ciclónicas. Estos parámetros se encuentran sintetizados en la Escala de Saffir-Simpson<sup>13</sup>, y las 5 categorías que establece esta escala se presentan en la Tabla 3.9.
- **Fuerzas sobre las edificaciones:** En las normas de diseño y construcción se establecen procedimientos para determinar las solicitaciones en las diferentes partes de una edificación. En cualquier caso, para determinar las solicitaciones debidas al viento las normativas establecen velocidades patrón o básicas, cuya caracterización no siempre es la misma. La Tabla 3.10 ilustra las diferencias de criterio entre una muestra de países de la región.

Tabla 3.9  
Escala de Saffir-Simpson

Categoría Saffir-Simpson	Máxima velocidad sostenida del viento		Altura de ola ciclónica (m)	Daño potencial
	(m/seg.)	(km/hora)		
1. Débil	32,7 - 42,6	118 - 153	1,0 a 1,7	Menor
2. Moderado	42,7 - 49,5	154 - 178	1,8 a 2,6	Moderado
3. Fuerte	49,6 - 58,5	179 - 210	2,7 a 3,8	Extremo
4. Muy fuerte	58,6 - 69,4	211 - 250	3,9 a 5,6	Extremo
5. Devastador	≥ 69,5	≥ 251	≥ 5,7	Catastrófico

Tabla 3.10  
Comparación de criterios empleados en la definición de la velocidad básica del viento con fines de diseño <sup>14</sup>

País	Duración del registro	Velocidades equivalentes aproximadas (millas/hora)			
		1	2	3	4
Canadá	1 hora	120	113	91	79
Caribe (CUBIC)	10 minutos	127	120	96	84
Venezuela	78 segundos	158	149	120	105
Barbados	3 segundos	181	171	137	120

- **Marejada ciclónica:** Se denomina así a un aumento del nivel del mar y sus efectos sobre la costa debido a la disminución de la presión atmosférica asociada al paso del ojo del huracán y a los vientos fuertes. Tan pronto el huracán entra a un área costera, el nivel del agua aumenta considerablemente pudiendo alcanzar los 4 metros de altura; los vientos fuertes pueden incrementar estas alturas hasta 6 metros. Este fenómeno tiene un gran poder destructor en zonas costeras de baja elevación y densamente pobladas.
- **Efectos en el terreno:** La intensidad de precipitaciones asociadas con un huracán, es fuente potencial de inundaciones y de inestabilidad de taludes.

<sup>13</sup> Simpson, R.H. *The hurricane disaster potential scale*. *Weatherwise*, 27, 169-186, 1974.

<sup>14</sup> OHS, *Disaster mitigation guidelines for hospitals and other health care facilities* (Vols. 1-4) Washington, D.C., 1992.

### Cálculo de la vulnerabilidad y tipificación de los componentes

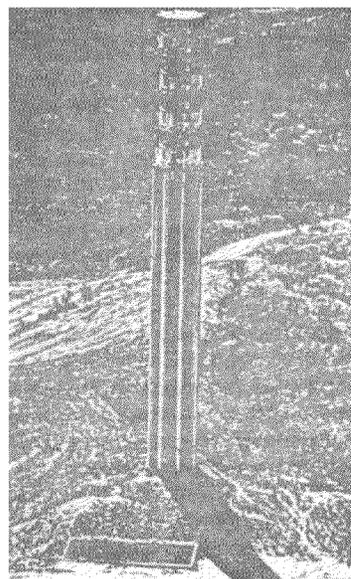
La vulnerabilidad a vientos huracanados está muy influenciada por el tipo de construcción y puede ser estimada verificando si los elementos de la infraestructura cumplen o no con la aplicación de las normativas vigentes.

### Cálculo de la vulnerabilidad física del sistema

De una manera general, se seguirán las indicaciones presentadas para el caso del evento sísmico.

Un recorrido minucioso por todas las estructuras del sistema facilitará la identificación de situaciones de riesgo a los huracanes, tales como captaciones superficiales que periódicamente son barridas por las corrientadas y que pueden ser sustituidas por tomas más seguras como galerías y tomas de fondo; anclajes y soportes de pasos sobre cursos de agua ubicados prácticamente dentro de los cauces y con alturas insuficientes que hacen que las corrientadas los destruyan; tuberías que discurren en las riberas de los ríos o cauces de agua muy cercanas al cauce sin protecciones. Este recorrido e identificación de situaciones de riesgo deberá constituir la primera etapa del análisis y se debería tener presentes aspectos tales como:

- **Influencia de la topografía:** La intensidad de los vientos huracanados puede ser modificada por la topografía del área adyacente al sitio de interés:
  - a) valles con pendientes suaves pueden incrementar la velocidad media del viento por efectos de embudo;
  - b) valles profundos, encerrados suministran protección a los efectos del viento;
  - c) bosques densos, rodeando el sitio de interés, pueden reducir la intensidad de los vientos.
- **Suministro de energía:** Se debe evaluar la vulnerabilidad de las líneas de alta tensión, porque la experiencia ha demostrado que son altamente vulnerables a las ráfagas de viento y pueden ocurrir interrupciones en el suministro de energía.
- **Cursos de agua:** Los cursos de agua tienen especial importancia ya que pueden ser afectados por crecidas, con lo cual: (a) se alteran los niveles de inundación esperados; (b) se pueden dañar o romper tuberías; (c) se puede exceder la capacidad de los drenajes existentes, y (d) aumenta el nivel de turbidez de los afluentes.
- **Drenajes:** El tipo de drenajes tiene un efecto significativo en el desempeño esperado del sistema. Los sistemas cerrados, que emplean tuberías, son más susceptibles de quedar bloqueados y el



Algunos componentes de los sistemas de agua potable y alcantarillado requieren estudios específicos para evaluar su vulnerabilidad, en donde se deben privilegiar aquellos componentes que puedan llegar a afectar la continuidad, calidad o cantidad del servicio.

mantenimiento es más difícil. Este aspecto debe ser evaluado de modo adecuado, pues no hay sistemas de drenajes que funcionen bien si no están bien mantenidos; esta falta de prevención ha sido el causante de graves inundaciones en zonas urbanas.

- **Contaminación.** Como consecuencia de las inundaciones y/o bloqueo de drenajes, es mayor el riesgo de contaminación de ríos, quebradas y pozos, así como de daños en áreas inundables como las de almacenamiento de productos.
- **Daños a la infraestructura.** Es preciso tener presentes los eventuales efectos destructores en estructuras aledañas a cursos de crecientes potenciales como puentes, vías de acceso, desmenuzadores, tuberías, y otros, debido al impacto de las corrientadas.

#### Efectos generales de los huracanes

Los efectos del viento, propiamente tal, pueden causar daños principalmente a obras sobre el nivel del suelo. El riesgo de daños aumenta en relación directa con la altura de las obras y con la superficie expuesta al viento. Los daños dependen de la resistencia al viento con que hayan sido construidas las obras.

#### Daños producidos por huracanes

Los edificios, viviendas, casas de máquinas de los sistemas de agua potable y alcantarillado tendrán un comportamiento semejante a las construcciones similares de otros sectores.

- **Estanques elevados.** Si el viento es lo suficientemente fuerte podría derribar uno o más estanques y causar, en forma secundaria, daños derivados del vaciamiento brusco del volumen de agua almacenada (que puede ser de varios miles de m<sup>3</sup>), además del daño producido por el propio derrumbe de la estructura de cañerías de conexión y en las instalaciones aledañas.

Por otra parte, si la estructura misma tiene suficiente resistencia o si los vientos no son tan fuertes, se podrían producir daños a las instalaciones anexas al estanque, como por ejemplo, escalas de acceso, barandas de protección, o a las propias cañerías que llegan y salen del estanque. Entre los daños más probables destacan los ocasionados a

- los estanques del servicio público de abastecimiento de agua potable de pueblos y ciudades —que probablemente son los de mayor volumen almacenado;
- los estanques de industrias, mercados, escuelas, etc. de tamaño intermedio;
- a los de uso doméstico, cuando los hay a nivel de vivienda, que usualmente son pequeños



Osario 1997

Las grandes precipitaciones acompañadas de arrastres de sedimentos, que se presentan con los huracanes, pueden ser más destructivos en los sistemas de agua potable y alcantarillado que los propios vientos.

## Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario

---

En general, los daños debidos a este tipo de fenómenos, son los siguientes:

- "□ Daños parciales o totales en las instalaciones, puestos de mando y otras edificaciones de la empresa, tales como rotura de vidrios, techos, inundaciones, etc. debido a la fuerza de los vientos.
- "□ Roturas de tuberías en pasos expuestos, tales como ríos y quebradas, debido a corrientadas.
- "□ Roturas y desacoples en tuberías en zonas montañosas por deslizamientos de tierra y corrientadas de agua.
- "□ Roturas y daños de las tapas de los tanques elevados y asentados sobre el terreno.
- "□ Contaminación de aguas en los tanques y tuberías.
- "□ Roturas de tuberías y fallas de estructuras por asentamientos del terreno, debido a inundaciones.
- " Daños en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, ocasionando la interrupción en la operación de quipos, instrumentos y medios de comunicación.

### Inundaciones

#### Generalidades

Las inundaciones son fenómenos naturales que tienen como origen la lluvia, el crecimiento anormal del nivel del mar, la fusión de la nieve en gran volumen o una combinación de estos fenómenos. La precipitación que cae en una zona determinada es el resultado de una serie de factores que influyen sobre la lluvia, tales como:

- La latitud de manera general se puede indicar que la precipitación disminuye con la latitud por que la disminución de la temperatura hace decrecer la humedad atmosférica
- Distancia a la fuente de humedad mientras más cercana se encuentre la zona a fuentes de humedad como mar, lagos, entre otros, existirá mayor posibilidad de lluvias
- Presencia de montañas el ascenso orográfico favorece la precipitación. Así, en una cadena montañosa ocurren precipitaciones más pesadas o intensas en las laderas expuestas a los vientos, cayendo sólo trazas de lluvia en la ladera no expuesta de las montañas

#### Factores que afectan la escurriénta en una cuenca

Los factores más relevantes son los siguientes:

##### Factores climáticos

- Precipitación: forma (lluvia, granizo, nieve, etc.) intensidad, duración, distribución en el tiempo, distribución en el área, precipitaciones anteriores, humedad del suelo
- Intercepción: tipo de vegetación, cobertura, edad y densidad de los árboles, estación del año y magnitud de la tormenta
- Evaporación: temperatura, viento, presión atmosférica, naturaleza y forma de la superficie de evaporación
- Transpiración: temperatura, radiación solar, viento, humedad y clase de vegetación

##### Factores fisiográficos

- Características de la cuenca: geométricas, tamaño, forma, pendiente, orientación y dirección
- Físicas: uso y cobertura de la tierra, condiciones de infiltración, tipo del suelo, condiciones geológicas como permeabilidad y capacidad de formaciones de aguas subterráneas, condiciones topográficas como presencia de lagos, pantanos y drenajes artificiales

- Características del canal y capacidad de transporte: tamaño, forma, pendiente, rugosidad, longitud y tributarios.
- Capacidad de almacenamiento: curvas de remanso.

#### Variación y patrones de precipitación

Desde el punto de vista de la planificación para la atención de emergencias y desastres es importante la variación de las lluvias en el tiempo o determinación de los períodos de mayor incidencia de lluvias y por consiguiente de mayores riesgos. Los patrones de lluvia, combinados con otros factores como características de los suelos, condiciones topográficas y geológicas, áreas de la cuenca, determinan la cantidad de lluvia que formará la escorrentía.

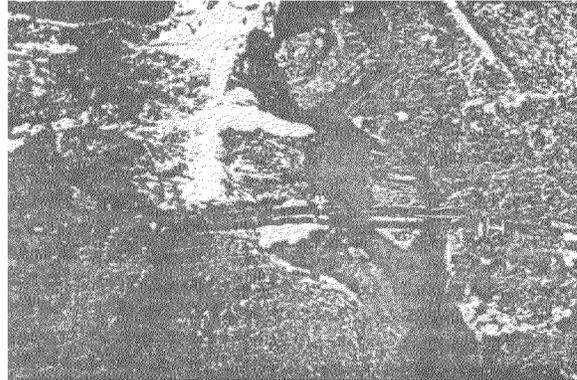
#### Evaluación de la amenaza y mapas de riesgos

La evaluación de la amenaza consiste en determinar las áreas de inundación y los cauces afectados con sus parámetros de caracterización: tiempo de duración del fenómeno, escorrentía y niveles máximos probables. Esta información se debe verter sobre mapas del área para elaborar el mapa de riesgos a inundaciones. Es usual que las instituciones de defensa civil, universidades e institutos meteorológicos tengan estos mapas de riesgos. La superposición de estos mapas con los planos del sistema de abastecimiento de agua potable indicará las estructuras propensas a ser afectadas.

#### Efectos generales de las inundaciones

En general, la magnitud de los daños estará relacionada con:

- el nivel que alcanzan las aguas en la inundación, la violencia y rapidez con que se produzca, y el área geográfica que cubra,
- la calidad del diseño y construcción de las obras, en cuanto a haber o no considerado y adoptado precauciones para un cierto nivel de inundación previsto;
- la calidad del terreno donde se sitúan las obras en cuanto a su capacidad de resistir o no la erosión que pueden provocar las inundaciones así como la calidad de los terrenos adyacentes a las obras en cuanto al riesgo de derrumbes o deslizamientos de tierras que podrían provocar lluvias torrenciales o persistentes.



Las tuberías de conducción sobre ríos y quebradas deben estar diseñadas para los aumentos previstos de caudal.

### Contaminación del agua potable por inundaciones

Entre los daños que pueden provocar los desastres naturales, el riesgo más serio y grave, por sus consecuencias es la contaminación en gran escala del agua potable. En esta situación muchas enfermedades usualmente asociadas a la falta de higiene pueden adoptar formas de enfermedades de origen hídrico y afectar a gran parte de la población. Dichas enfermedades incluyen la tifoidea y el cólera, donde son endémicas, y además la disentería bacilar y la amebiana, la hepatitis infecciosa y los gastroenteritos. El grave riesgo de aparición de estas enfermedades hacen de primera importancia los métodos de tratamiento del agua con sustancias químicas de esterilización (como el cloro, por ejemplo) o la conveniencia de hervir el agua de consumo humano. La contaminación del agua potable y del suelo puede asumir diversas formas:

- Contaminación de las fuentes superficiales de agua potable, por arrastre de animales muertos a las cercanías de las tomas, por aumento excesivo de la turbidez del agua, o por arrastre de otro tipo de sustancias tóxicas o contaminantes
- Contaminación de las fuentes de aguas subterráneas cuando el nivel de inundación sobrepasa la altura del brocal de los pozos y se vierte directamente sobre pozos u otras captaciones
- Al subir el nivel del agua en los ríos o cuerpos de agua donde desaguan los alcantarillados sanitarios y pluvial, se puede producir el reflujo de las aguas servidas, escurriendo hacia atrás por las alcantarillas e inundando con aguas servidas tanto el interior de viviendas y pisos bajos de los edificios como las vías públicas. En las viviendas ocurre a través de los propios artefactos sanitarios y piletas; en las calles, a través de las cámaras de inspección y de los sumideros de aguas lluvias (si en los diseños y construcción de los desagües se hubiera considerado la instalación de válvulas de retención, se podría evitar este tipo de reflujo, pero ello es raro en los países de la región).
- Si los combustibles se mezclan con la inundación, será más difícil encontrar cómo hervir el agua contaminada para esterilizarla.

### Daños por inundaciones

- 1) *Cañerías e instalaciones anexas*: Los peores daños a cañerías y sus instalaciones anexas, tales como cámaras y válvulas de dicho tipo, pueden ser los siguientes:
  - Frostar los suelos y por ende de enterrar, desplazar o incluso destruir, tuberías y tuberías.
  - Hacer subir el nivel del agua subterránea y, debido al capilar, hacer flotar tuberías y tuberías, sacándolas de sus ubicaciones originales. Esto puede producir además rupturas o caídas en las instalaciones.
  - Arrastre y pérdida total de tramos de tubería.
- 2) *Estanques semi-enterrados*: Estos estanques usualmente están ubicados en terrenos altos, de modo que los daños raramente ocurren. Sin embargo se ha podido observar daños tales como:
  - Frostión de fundaciones, deterioro de juntas y/o de rumbo parcial de estanques sobre todo si son de mampostería que el hurgón armado.
  - Un estanque, si tiene gran parte de su cuba bajo el nivel del suelo, puede ser arrastrado a flotar por una inundación combinada con alto nivel de la capa freática (lo que es muy probable, en ciertos terrenos a causa de lluvias prolongadas). El riesgo es mayor si el estanque no está lleno de agua.

- **Equipos de bombeo e instalaciones eléctricas:**
  - Si el nivel de inundación es suficiente puede producir daños al mojar motores eléctricos, motor-bombas, arrancadores o tableros de comando eléctrico de diverso tipo
  - También es posible que se produzca la caída de líneas de baja o alta tensión, debido a erosión en la base de las postaciones, originando con ello daños, —en las líneas eléctricas de alta o baja tensión, —en los tableros eléctricos, y —en las subestaciones
- **Obras de toma, represas y construcciones ubicadas sobre el nivel del suelo:** Si las fuerzas dinámicas de la inundación son suficientemente fuertes y no hay protecciones contra sus efectos, podría producirse erosión en el entorno de cualquier obra de este sector ubicada en las zonas donde la inundación es más violenta y que, además, están a una cota más baja que el nivel de la inundación. Las condiciones señaladas pueden afectar especialmente a construcciones tales como obras de toma y obras complementarias a ellas como, por ejemplo, canales y conducciones de agua, casas de máquinas diversas, plantas de tratamiento, etc. los que debieran evaluarse por separado.
- **Represas y Embalses:** Es evidente la situación de alto riesgo de las represas y embalses situados en el curso de un río afectado por la crecida que está causando la inundación. Las represas diseñadas y construidas para el abastecimiento de agua potable son vulnerables a las inundaciones, especialmente si cuentan con escasa capacidad de rebosamiento. Además, si los vertederos y compuertas de desagüe son insuficientes, hay riesgo no sólo de que ocurran grandes daños, sino incluso de destrucción o colapso de la represa con el peligro consiguiente de generar un nuevo desastre y enormes pérdidas adicionales causadas por la avalancha del agua almacenada.

En resumen los principales efectos de las inundaciones que afectan a los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado son:

- Destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas.
- Azolve y colmatación de componentes por arrastre de sedimentos.
- Pérdida de captación por cambio del cauce del río.
- Rotura tuberías expuestas en pasos de quebradas y / o ríos.
- Rotura tuberías de distribución y conexiones en las áreas costeras debido al embate de marejadas y en áreas vecinas a cauces de agua.
- Contaminación del agua en las cuencas.
- Daño de equipos de bombeo al entrar en contacto con el agua.
- Colateralmente hay impactos indirectos como la suspensión de energía eléctrica, corte de caminos y comunicaciones.

### Deslizamientos

Los deslizamientos de laderas ocurren de muchas maneras y aun persiste cierto grado de incertidumbre en su predicción, rapidez de ocurrencia, y área afectada. Sin embargo, existen ciertos parámetros que ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para así eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla. Es usual, por ejemplo, que la inspección de las líneas de conducción y otras componentes de un sistema se inicie por vía aérea, y el análisis aerofotogramétrico de las áreas adyacentes de la instalación, a escalas del orden de 1:25000 a

1:50000, permitan descubrir evidencias importantes sobre grandes deslizamientos en curso, los cuales deberán ser evaluados con posterioridad en el sitio.

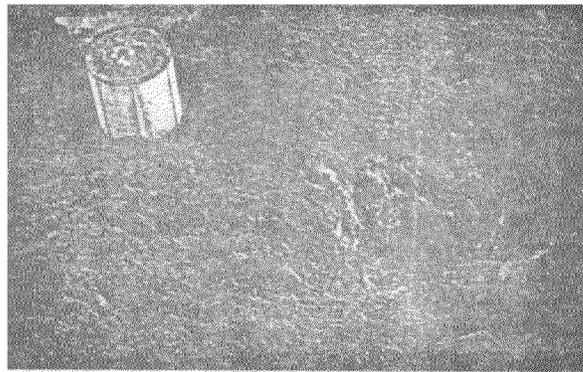
#### Antecedentes históricos

El conocimiento de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado en el área de interés constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro. En general, las áreas donde estos fenómenos ya han ocurrido en el pasado son altamente susceptibles a que los mismos se repitan. Entre las fuentes de información para conocer sobre deslizamientos en el pasado, están las reseñas de deslizamientos publicados en periódicos locales, revistas nacionales o internacionales especializadas en el tema, mapas de zonificación de casos ocurridos de inestabilidad geológica, inventarios de riesgos geológicos, entre otros.

#### Geología de la región

La geología representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y existen muchos factores geológicos que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes.

A nivel regional, la geología controla los aspectos genéricos del relieve y la topografía de un área lo cual permite estimar su susceptibilidad al movimiento. En general, los deslizamientos



Zonas inicialmente estables, pueden volverse inestables con la construcción de infraestructura, deforestación u otras razones.

pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas. Sin embargo, la experiencia de trabajar y observar distintos tipos de terrenos ha demostrado que los deslizamientos son más comunes en ciertos tipos de geografía y menos comunes en otros. Una breve descripción de las características de estos relieves se incluye a continuación.

- **Taludes escarpados:** En terrenos escarpados los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de material geológico. Sin embargo, la causa más común de un gran número de derrumbes que ocurren en taludes escarpados es el deslizamiento a lo largo de la zona de contacto de la roca con suelos residuales o coluviales.
- **Acantilados y bancos bajo la acción de corrientes de quebradas:** En acantilados y bancos objeto de ataque por corrientes de quebradas los deslizamientos son comunes. Si el banco está constituido por suelos o materiales no consolidados, el punto de deslizamiento más débil está ubicado en el máximo punto de curvatura de la quebrada y es en este punto donde se recibe el mayor impacto del agua.
- **Áreas de concentración de drenaje y filtración:** Un estudio cuidadoso de la red de drenaje y áreas de concentración de agua es extremadamente importante. Filtraciones con el subsecuente