

## CAPÍTULO 2

### CARACTERIZACIÓN DE LAS AMENAZAS NATURALES

A continuación se discuten las amenazas sísmicas e hidrometeorológicas, incluida su caracterización para el análisis de vulnerabilidad de los diferentes componentes del sistema. En el cuadro 2.1 se identifican las amenazas.

**Cuadro 2.1**  
**Amenazas naturales**

Origen	Acciones y variables
Inestabilidad de taludes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravitatorio: repteo de bloques</li> <li>• Sismo: deslizamiento instantáneo o progresivo</li> <li>• Lluvia: deslave, aumento, turbiedad del afluente</li> </ul>
Vibraciones por sismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos locales</li> <li>• Desplazamientos temporales</li> </ul>
Desplazamientos permanentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos de fallas geológicas</li> <li>• Inestabilidad de soportes</li> </ul>
Viento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerzas laterales en la infraestructura expuesta a vientos</li> </ul>

#### SISMOS

##### - Movimientos vibratorios:

Para el análisis de los movimientos vibratorios del terreno se han seguido los criterios y requerimientos de la norma venezolana COVENIN (1756).

En este estudio, los valores de la amenaza sísmica varían a lo largo de los 34 km del sistema por la distribución de las fallas geológicas.

##### - Incorporación de la intensidad modificada de Mercalli

Tomando como base la interpretación de los efectos conocidos de sismos anteriores, para el área estudiada se han adoptado las tasas medias anuales de ocurrencia de intensidad de Mercalli en suelos competentes y se ha utilizado la metodología de la AFPS (1990) que se muestra en el cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2**  
**Tasas medias anuales de ocurrencia de intensidad de Mercalli en suelos competentes del área de estudio**

Intensidad de Mercalli (IMM)	Tasa media anual (1/año)	
	Áreas hasta 15 km al sur del valle de Caracas	Áreas a $\pm$ 20 km del río Tuy
VI	0,03	0,025
VII	0,011	0,008
VIII	0,006	0,001
IX	0,003	0,0004 (*)
X	0,001 (*)	---

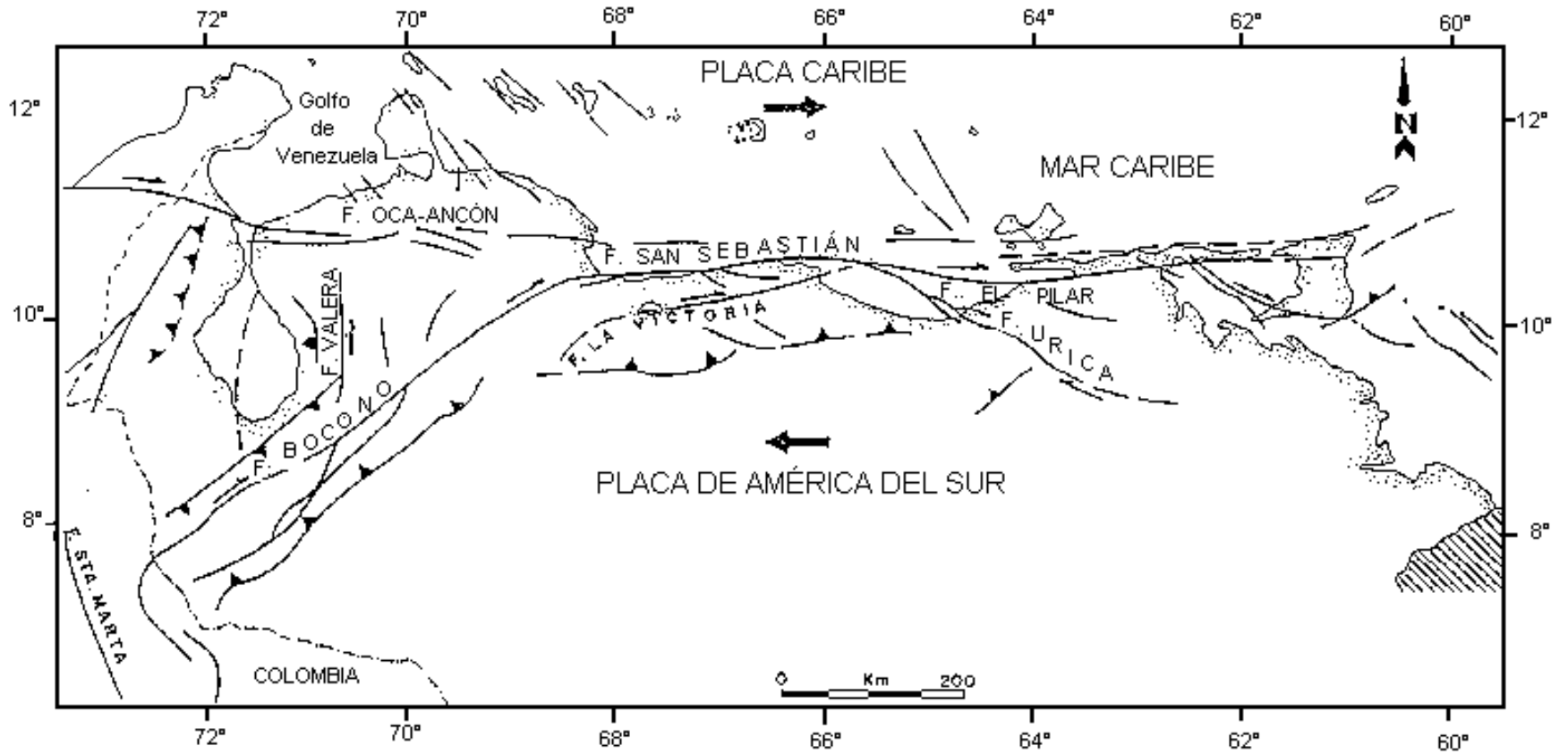
(\*) No asignado en tiempos pasados

#### - Desplazamientos máximos en fallas activas

Considerando que el sistema de tuberías estudiado cruza fallas activas predominantemente transcurrentes, se emplearon las correlaciones entre longitud de falla, magnitud (Ms) y desplazamiento máximo propuestas por Wells y Coppersmith (1994). De acuerdo con esas relaciones y las longitudes de las fallas geológicas activas anotadas en la figura 2.1 se han estimado los valores de magnitud Richter (Ms) y los desplazamientos máximos que se presentan en el cuadro 2.3.

**Cuadro 2.3**  
**Magnitud Richter (Ms) y desplazamientos máximos (D) asociados a las fallas geológicas de la figura 2.1**

Falla geológica	Magnitud Richter Ms	Desplazamiento máximo esperado D(m)
San Antonio San Diego Pichao	6,4 - 6,6	0,4 - 0,8
Tácata El Ávila Aragüita	6,5 - 6,7	0,5 - 1,0
Aragua	6,8 - 7,0	0,7 - 1,2
San Sebastián	7,6 - 7,8	2,0 - 3,3



**Figura 2.1**  
**Fallas importantes en Venezuela**

### - Potencial de licuefacción

La información disponible sobre el área estudiada no identifica suelos potencialmente licuables.

### - Deslizamientos (información estadística)

Durante la ocurrencia de un sismo, hay dos acciones principales que pueden dar lugar a la inestabilidad de zonas con fuerte pendiente: (a) las fuerzas inerciales pueden generar esfuerzos que exceden temporalmente la resistencia al corte y producir un desplazamiento pendiente abajo; (b) las deformaciones causadas por las sacudidas pueden producir pérdida de resistencia en materiales frágiles (por ejemplo rocas cementadas). Las estadísticas de Keefer (1984) y los umbrales de deslizamientos dados en los diferentes grados de las escalas de intensidad de Mercalli (Braze 1979; Grunthal 1993) sirvieron de base para la elaboración del cuadro 2.4.

**Cuadro 2.4**  
**Umbrales de intensidad sísmica para diferentes tipos de deslizamientos**

<b>Tipos de deslizamientos o fallas</b>	<b>Umbral de intensidad sísmica</b>
Caída o deslizamientos de rocas y pequeños deslizamientos de suelos.	Eventos cercanos de baja magnitud Richter (4 a 4,5) con IMM del orden de VI o más.
Deslizamientos repentinos de bloques de suelos; casos aislados.	
Deslizamientos repentinos de bloques de roca, cantidades masivas de roca.	Eventos relativamente cercanos con magnitud Richter 5 a 5,5, con IMM del orden de VII o más.
Avalanchas de rocas o suelos. Agrietamientos y roturas en paredes libres de roca sólida.	Magnitud Richter del orden de 6,5 con IMM del orden de VIII o más.
Deslizamientos y desprendimientos importantes de suelos y roca; frecuente en topografías irregulares.	Intensidad IMM grado IX o más.
Deslizamientos masivos de gran extensión; posible bloqueo de ríos y formación de nuevos lagos.	Intensidad IMM por lo menos grado X.

Fuente: Braze 1979; Grunthal 1993

La identificación de áreas en las cuales pueden presentarse situaciones como las descritas en el cuadro 2.4 requiere estudios de sitio detallados y la aplicación de los conceptos técnicos que se describen más adelante.

Los resultados de las estadísticas de Keefer sugieren que los deslizamientos pueden ocurrir para grados de intensidad inferiores a los valores indicados en la escala de Mercalli. En el cuadro 2.5 se sintetiza la estadística presentada por Keefer para tres tipos de inestabilidad del terreno: deslizamientos menores, agrietamientos en paredes de roca sólida y desparramamiento lateral de suelos.

**Cuadro 2.5**  
**Riesgo de inestabilidad de taludes**

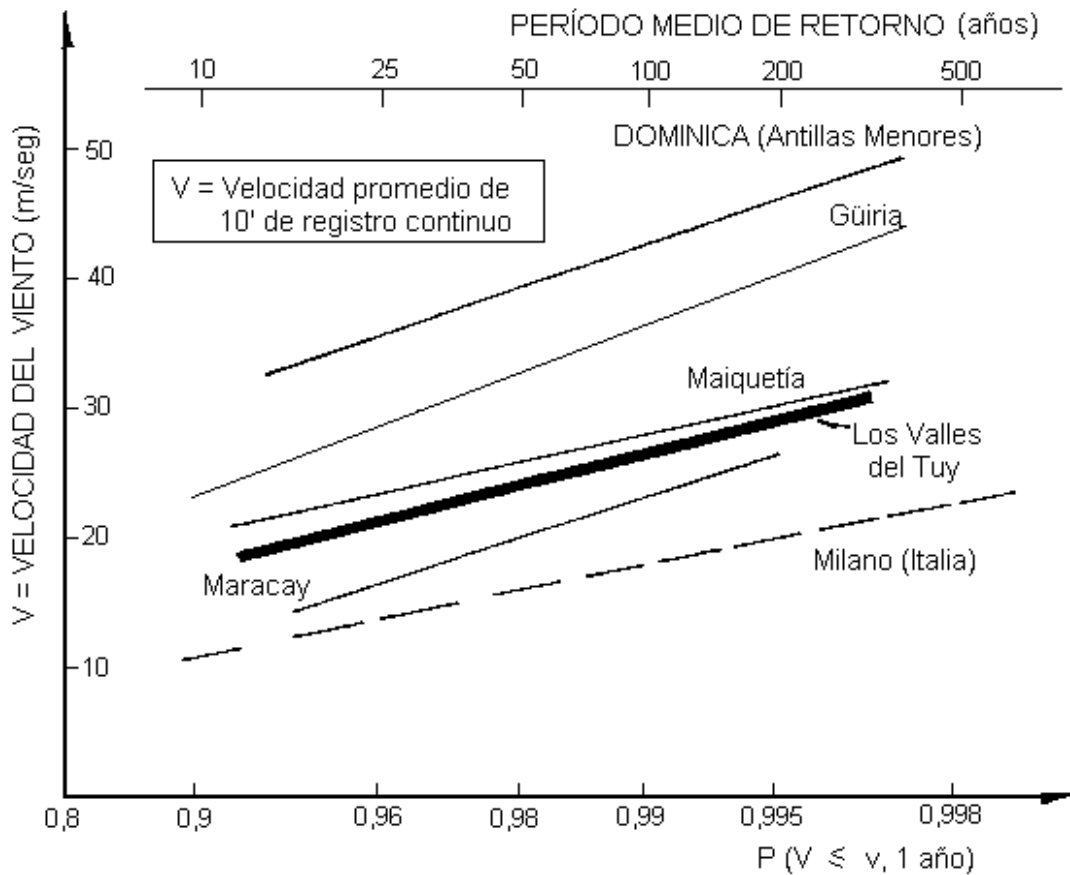
Caso de inestabilidad	Porcentaje de casos observados con IMM igual o menor que:						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Pequeños deslizamientos en depósitos de arena y grava.	5	33	76	90 (*)	100		
Agrietamiento y rotura de paredes de roca sólida.		12	40	72	96 (*)	100	
Desparramamiento lateral de terrenos planos. Fisuras apreciables.		14	36	77	91	100	(*)

\*Caracterización con grado de intensidad en la escala de Mercalli.

## VIENTOS

### - Distribución de velocidades máximas

Es bien sabido que la distribución de velocidades máximas de viento depende de la duración del registro. A fin de comparar los datos suministrados a partir de estaciones venezolanas (COVENIN 2003 1986) con datos de las Antillas Menores (CUBIC 1989), se adoptó como velocidad máxima de tiempo el valor promedio durante 10 minutos de registro continuo. En el cálculo de las solicitaciones se aplican los factores de ráfaga que especifican las normas para esa duración de registro. En la figura 2.2 se comparan las distribuciones de velocidad del viento correspondientes a cinco localidades: Dominica (CUBIC 1989), Güiría (INTEVEP 1983), Maiquetía y Maracay (COVENIN 2003 1986) y Milano (Floris C. et. al. 1990). La línea gruesa corresponde a los valles del Tuy donde se encuentra el sistema de agua potable estudiado; esta distribución puede considerarse conservadora si se compara con los valores normativos (figura 1.3).



**Figura 2.2**  
**Distribución de valores extremos de vientos máximos anuales**

**- Cálculo de esfuerzos debidos al viento**

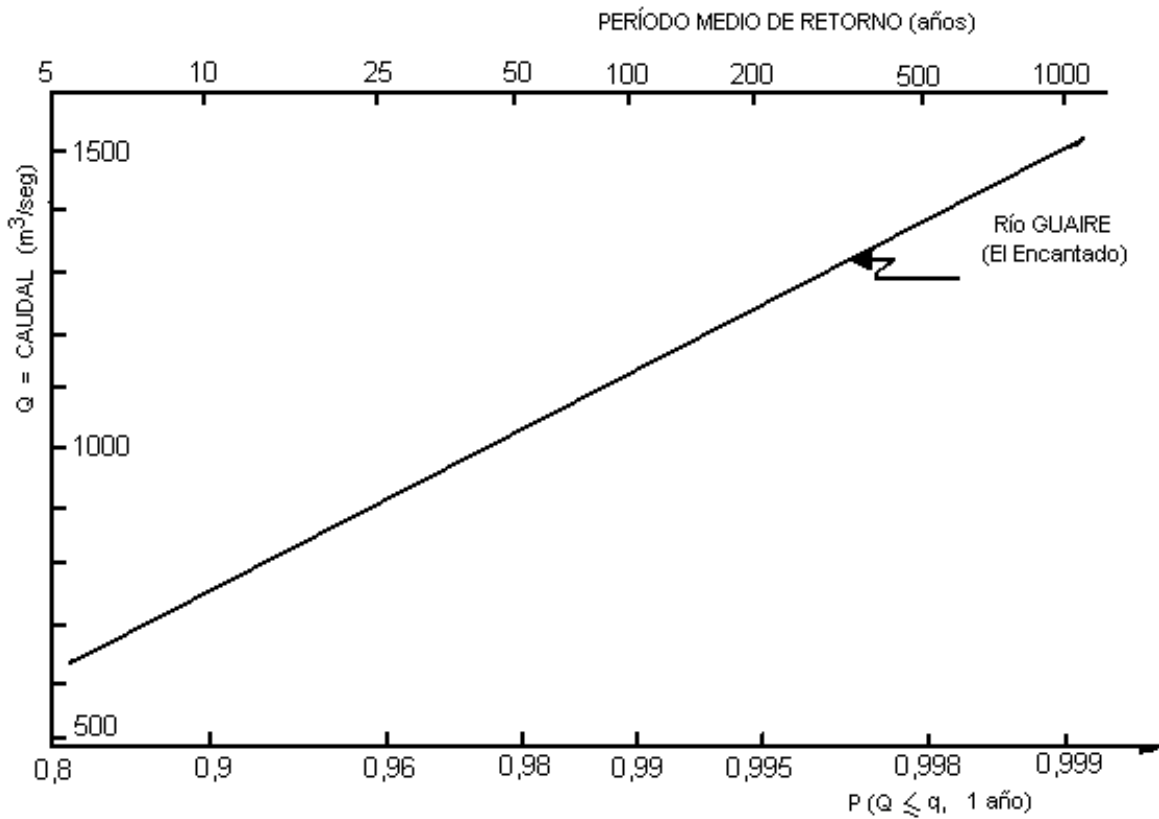
Para el cálculo de las solicitaciones debidas a vientos se ha empleado las metodologías establecidas por Wells y Coppersmith (1994) y COVENIN 2003 (1986). Estas se han aplicado para el caso particular de estructuras tipo chimenea de equilibrio de gran altura.

**AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS**

**- Caudales extremos**

Para evaluar la seguridad de los puentes de acceso y cruces de tuberías sobre ríos frente a las crecidas, se requiere conocer los caudales extremos. Dado que dos de los puentes del sistema

de agua potable estudiado se encuentran sobre el río Guaire, se obtuvo la variación de caudales hasta períodos de retorno de 1.000 años (figura 2.3) (Suárez 1997).



**Figura 2.3**  
**Distribución de valores extremos de caudales; la abscisa representa la probabilidad de no excedencia anual del caudal Q**

### - Pluviometría

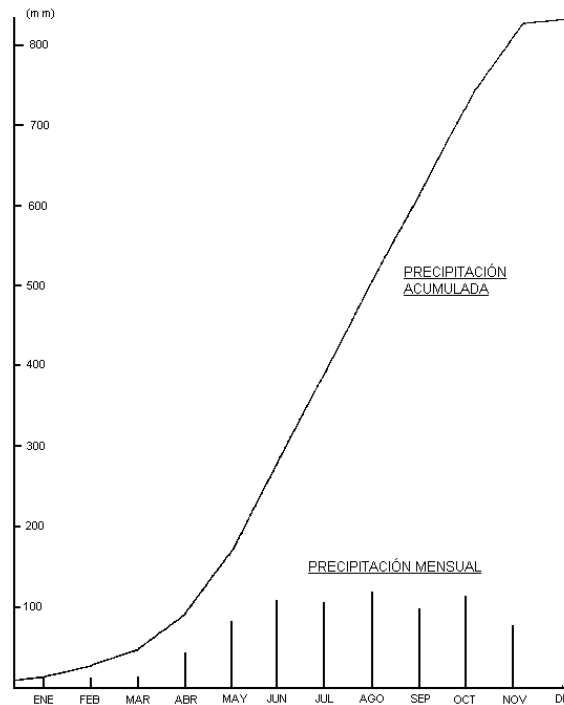
Para el cálculo del volumen de agua que drena de las cuencas para alimentar los embalses y tomas del sistema se requiere información sobre la distribución de las precipitaciones.

En la figura 2.4 se dan los valores medios de la precipitación mensual en la estación Observatorio Cagigal, cercana al sistema estudiado, para un lapso de observación de 50 años,

entre 1947 y 1996, (Armada de Venezuela 1997). Obsérvese que en término medio, la precipitación acumulada anual alcanza 828 mm.

### - Arrastre de sólidos

Los problemas propios de los arrastres de sólidos asociados al régimen de precipitaciones no se tratan en este estudio. Al respecto pueden consultarse a Williams y Bernrt (1977) y el Manual of engineering handbook (1979).



**Figura 2.4**

**Valores medios de precipitación mensual: Observatorio Cagigal (Caracas, 1035 msnm)  
lapso de observación: 1947-1996. Armada de Venezuela (1997)**