

**Tabla 36.1. Breve descripción de deslizamientos en el área de Caracas y alrededores como consecuencia de sismos pasados (Ref. 55 A 57)**

<b>FECHA</b>	<b>Ms</b>	<b>BREVE DESCRIPCION</b>
<b>1900-10-29</b>	<b>7,6</b>	Deslizamientos en la carretera Caracas-Guatire-Caucagua.
<b>1967-07-29</b>	<b>6,5</b>	Deslizamiento en Araira, Estado Miranda; derrumbes en la carretera vieja de Guarenas y en algunos tramos de la carretera Panamericana: Caracas - Los Teques. Caída de rocas en la carretera Macuto-Naiguatá y deslizamientos de rocas y suelos entre La Colonia Tovar y Carayaca.

**Tabla 6.2. Breve descripción de fenómenos de licuefacción y/o hundimientos reportados en el área de Caracas y alrededores como consecuencia de sismos pasados (Ref. 55 Y 57)**

<b>FECHA</b>	<b>BREVE DESCRIPCION</b>
<b>1878-04-12</b>	Fenómeno de licuefacción en Quebrada Pitahaya, cerca de Charallave y en Quebrada La Culebra cerca de Cúa.
	Asentamientos del terreno a orillas del Río Tuy, en las cercanías de Cúa.
<b>1900-10-29</b>	Dudas sobre rupturas de superficie en el área Los Moriches, al sur de Guarenas-Guatire. Probables fenómenos de licuefacción y/o desparramamiento lateral, en la vía férrea de Carenero a Río Chico, en Río Chico y en otras localidades de Barlovento. En Paparo, el puente de hierro sufrió daños severos debido a movimientos en las pilas de apoyo; parte de las viviendas del pueblo se hundieron.
	Fenómenos de licuefacción al NE del caserío La Maturetera y en Las Morochas (Río Agua Colorada), cerca de Capaya.

### **6.3.2.- Otras causas**

#### **- Gravitacionales**

Por sus características geológicas, los casos de deslizamientos asociados a fenómenos gravitacionales, especialmente con presencia de humedad, han sido muy numerosos. Estos han alcanzado niveles catastróficos cuando afectan áreas urbanizadas especialmente en las laderas del sur de la ciudad. La Ref. 35 recoge una abundante casuística (véase el caso de la estación de bombeo 3, Sección ).

En 1976 (15 Abril) el sistema sufrió daños como consecuencia de deslizamientos en la fila de Mariches, el Peñón de Lira (Las Marías).

- Arrastres Torrenciales

En adición a las manifestaciones de riesgo geológico debido a los fenómenos gravitacionales, las precipitaciones torrenciales han acelerado problemas de inestabilidad de laderas y ocasionalmente han sido el origen de arrastres torrenciales de naturaleza castastrófica. Entre ellos se destaca aquí una muestra de aquellos que han afectado componentes de sistemas de producción y transporte de agua potable o alcantarillado. En la Tabla 6.3 se sintetiza información recabada en la prensa local.

**6.4.- Descripción del sistema**

**6.4.1.- General**

El sistema seleccionado para este caso - estudio, es un sistema de producción de agua potable cuya descripción esquemática se da en las Figuras 6.2 y 6.3; las fuertes irregularidades topográficas que dominan este sistema, cuyos principales componentes se dan en la Tabla 6.4, se han obtenido de los datos de la Ref. 69. Estos componentes han sido incorporados al modelo para el cálculo de la confiabilidad. Otros elementos del sistema como: galpones, edificaciones de control, válvulas, pilas de apoyo y otros no han sido incluidos en el modelo

**Tabla 6.3. Muestreo de casos en los cuales los arrastres torrenciales han ocasionado disrupciones importantes**

FECHA	BREVE DESCRIPCION
1977-08-20	Arrastres torrenciales por lluvias en las cuencas de los Ríos San Pedro y Macarao inundaron la parte baja de Caricuao y Las Adjuntas, al oeste de Caracas, por súbita creciente del río Guaire a las 5:30 pm del Sábado 20. Sistemas de drenaje colapsados por arrastre de sólidos; el lodo invadió las plantas bajas de las edificaciones del área. 5 muertos, 700 vehiculos dañados y/o arrastrados por el río, 3 personas desapa recidas. En la Referencia 55 se anota que la Represa La Mariposa fue dañada; no confirmado en la prensa consultada.
1979-09- 7 y 8	Fuertes precipitaciones en la parte alta de la cuenca del río Valle (urbanización Colinas de Carrizal), ocasionó derrumbes y formó una laguna en el área de la citada urbanización, con alturas de agua de hasta 6 metros. Tres muertos, varios lesionados, pérdidas materiales importantes entre ellas el Acuario Agustín Codazzi de la UCV; la altura del lodo arrastrado se estimó en 2 metros. La Carretera Panamericana bloqueada por deslizamientos (Fotos 6.1 y 6.2 de El Universal, 9-9-1979).  Este ha sido un fenomeno recurrente el ultimo episodio es del

	mes de Agosto de 1996.
<b>1979-09-10</b>	Derrumbes en el barrio La Carbonera km 17 Panamericana, Edo. Miranda. La aducción de agua a Los Teques fuera de servicio; vía obstruida.

**Tabla 6.4. Componentes del sistema estudiado**

<b>COMPONENTES</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Represas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L. Construida entre 1960 y 1962; tierra; 60 m de altura; 113 Mm<sup>3</sup> capacidad. Torre toma de concreto armado (cota 190 m.s.n.m.).</li> <li>- L.P. construida entre 1966 y 1969; enrocado; 65 m de altura; 8 Mm<sup>3</sup> de capacidad (cota 1068 m.s.n.m.).</li> </ul>
<b>Estaciones de bombeo, tanque de Succión y S/E de Alto Voltaje</b>	- Cinco estaciones con tanques de succión principalmente de acero y alturas hasta de unos 38 m. S/E 115 KV / 6,9 KV con equipos tradicionales de porcelana
<b>Tuberías</b>	- Longitud total: 56 km: 2 km 84"; 34 km 78"; 13 km 60"; 7 km 48".
<b>Puentes</b>	- Cuatro puentes de vanos importantes; uno de ellos autoportante sobre el río Tuy.
<b>Chimeneas de Equilibrio</b>	- Ocho chimeneas: 2 unidireccionales, 1 inclinada y 4 verticales con alturas hasta de 98 m.
<b>Túneles</b>	- Tres túneles con tubería a presión.
<b>Planta de Tratamiento</b>	- Una a la entrada del sistema de distribución con capacidad para 8 m <sup>3</sup> /seg.

#### **6.4.2.- Criterios de diseño sismorresistente**

No se dispone información detallada relativa a los criterios de diseño sismorresistente. En la Ref. 54, vol I se indica que se consideró el efecto sísmico: "...a razón de 0,1g".

En un estudio geológico posterior, de fecha Mayo 1965, firmado por el Geólogo Sergio Bajetti B., para el diseño de la presa La Pereza, se establece que la aceleración máxima del terreno a considerar en el diseño no debe ser menor de 300 cm/seg<sup>2</sup>, según recomendaciones de Fiedler pues los focos sísmicos del área: "no se puede considerar que los focos / se hayan tranquilizado".

De acuerdo a las Normas vigentes Ref. 35 el Estado Miranda queda en zona sísmica 4, con aceleraciones de diseño iguales a  $0,30g \times 1,25 = 0,38g$  para obras de importancia excepcional.

#### **6.4.3.- Criterios de diseño contra vientos máximos**

De acuerdo a la Ref. 54, vol I, el caso de viento máximo se tomó a razón de  $150 \text{ km/h}^2$ . Esto equivale aproximadamente a velocidades de viento de  $108 \text{ km/hora}$ , lo cual resulta adecuado según la Norma COVENIN vigente (Ref. 18), con un factor de importancia eólica  $a = 1,15$ .

#### **6.5.- Modelaje del sistema y probabilidades de falla**

A los fines de la evaluación de la vulnerabilidad de sistemas y de su confiabilidad ante las amenazas naturales, es preciso:

- identificar los componentes del sistema;
- caracterizar su vulnerabilidad física y operativa;
- identificar el origen de la vulnerabilidad;
- explorar los cambios posibles tanto en las amenazas, como en el desempeño esperado de los componentes del sistema.

Este problema es ilustrado en esta Sección para el caso específico de sismos (véase la Sección 5.6.2 y la Figura 5.1). El procedimiento utilizado es válido para cualquier otra amenaza siempre que ésta, y la vulnerabilidad del sistema, se encuentren debidamente caracterizados.

##### **6.5.1.- Modelaje del Sistema Seleccionado como Caso Estudio**

En una primera evaluación, el sistema de producción y transporte de agua seleccionado como caso estudio (Secciones 6.1 a 6.4), ha sido modelado como un conjunto de 32 componentes en serie (véase la Sección 5.4 de esta Memoria), en la forma que se describe en la Figura 6.4. Estos elementos están concatenados desde el embalse Lagartijo (cota  $190 \text{ m.s.n.s.m}$ ), hasta la planta de tratamiento de La Guairita (cota  $1000 \text{ m.s.n.m}$ ). Obsérvese en la Tabla 6.5 que en el caso de tuberías de gran diámetro se ha hecho una distinción entre tramos ubicados en terrenos planos y tramos dispuestos en ladera; estos últimos presentan una vulnerabilidad considerablemente mayor. No se ha diferenciado el eventual cruce de fallas geológicas activas.

Viene al caso destacar observaciones señaladas por el personal que opera el sistema, según las cuales en tramos afectados por deslizamientos las tradicionales Juntas Dresser (Foto 6.3) han resultado ser más vulnerables a fugas, que las uniones soldadas; aparentemente estas últimas confieren una mayor deformabilidad al conjunto antes de que aparezcan fugas. Esta distinción no ha sido incorporada en la Tabla 6.5.

Nota: No se incorporan en este modelo otros tramos del sistema: Embalse La Pereza a la Estación de Bombeo 25; Embalse Taguacita a la Estación de Bombeo 21.

**Figura 6.4. Modelaje en serie del sistema seleccionado como estudio. la identificación de los componentes enumerados dentro de cada círculo, se dá en la tabla 6.5**

### **6.5.2.- Vectores de Probabilidad de Daños Severos y/o Ruina**

En base a la caracterización de la vulnerabilidad a sismos presentada en el Capítulo 4 de esta Memoria, se ha construido una matriz con los vectores de probabilidad de daños severos y/o ruina. Esta se sintetiza en la Tabla 6.5.

Los valores que conforman los vectores correspondientes a cada uno de los 8 componentes, están esencialmente basados en las diferentes matrices que se anotan a lo largo del Capítulo 4; es previsible que en algunos casos deban reflejar una mayor vulnerabilidad si el evento sísmico sucede al final del período de lluvias, cuando los suelos se encuentran saturados y los caudales medios de los ríos son mayores (véase Capítulo 3).

### **6.5.3.- Resultados preliminares**

Con el modelo de la Figura 6.4 y los valores de la Tabla 6.5, la aplicación de las ecuaciones dadas en la Sección 5.4 permite la evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad del sistema a sismos. Esto es ilustrado a continuación con dos ejemplos:

Ejemplo 1: Sismo local sobre la falla de Túcata (véase Figura 6.2), con intensidad de Mercalli Grado VIII hasta la CH 22 (véase la Figura 6.3), Mercalli Grado VII hasta el Túnel del Km 20-21, y Mercalli Grado VI hasta la Planta de Tratamiento de La Guairita. Para este evento, comparable a otros reportados en la región (véase la Figura 5.1), la confiabilidad del sistema resulta ser igual a .46; es decir la probabilidad de que el sistema d eje de operar es bastante elevada (0,54). Los componentes que más contribuyen en este resultado son los que se encuentran ubicados en el área de mayor Grado de Intensidad (Grado VIII); entre ellos: la represa de tierra y las tuberías en ladera.

Ejemplo 2: Repetición del sismo de 1900, con intensidad de Mercalli Grado VII en todo el sistema (Figura 6.4, Ref. 70). La confiabilidad resulta ser igual a:

$$1^4 \times 0,95 \times 1^6 \times 0,98^8 \times 0,98^4 \times 1^5 \times 1^3 \times 1 = 0,745$$

En el cálculo anterior se ha mantenido el mismo orden de componentes anotado en la Tabla 6.5. La probabilidad de falla obtenida (0,255) es dos veces menor que la obtenida en el Ejemplo 1.

### **6.5.4.- Toma de decisiones bajo incertidumbre**

#### **6.5.4.1.- Introducción**

En la eventual decisión de aplicar medidas de mitigación, es preciso reconocer la naturaleza incierta de los fenómenos de la naturaleza y el desempeño esperado de los elementos del sistema. Este problema es presentado aquí con un ejemplo seleccionado del Caso Estudio.

#### 6.5.4.2.- Incertidumbres en las Acciones y en el Desempeño del Elemento Seleccionado

El area en la cual está construido el sistema del Caso Estudio, puede ser caracterizado en términos de su historia sísmica (Ref. 32; 36; 68). Los valores de la Tabla 6.6 sintetizan la información necesaria para este ejemplo; para el cálculo de las probabilidades de ocurrencia en 30 años se han empleado modelos sin memoria (véase por ejemplo Ref. 44).

El elemento seleccionado pertenece al Caso Estudio y se trata de la chimenea de disipación de energía, de 98 m de altura, para la cual se conocen mejor sus características estructurales (véase Figura 4.1). Su vulnerabilidad fue cuantificada en la Sección 4.3.4, y los resultados presentados en las Tablas 4.5 y 4.6. El vector correspondiente a los estados de daños severos y/o ruina para este elemento particular, se dio en la columna 1 de la Tabla 6.5.

**Tabla 6.6. Tasas de excedencia de intensidades de Mercalli y probabilidades de ocurrencia en 30 años**

GRADO DE MERCALLI (IMM)	TASAS DE EXCEDENCIA (1/año)	PROBABILIDAD DE QUE OCURRA IMM (2)
VI	0,05	0,28
VII	0,018	0,23
VIII	0,007	0,12
IX	0,0025(1)	0,06
X	0,0003(1)	0,01(3)

Notas. (1) Valores extrapolados; (2) Excluye grados (IMM) inferiores a VI; (3) Incluye grados (IMM) en exceso de X.

#### 6.5.4.3.- Estados de la Naturaleza, Alternativas de Decisión Consecuencias Esperadas y Costo Asociado

Los posibles estados de la naturaleza dados en la Tabla 6.6 son mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos; sus probabilidades de ocurrencia se dan en esa misma tabla.

En este ejemplo se consideraran dos alternativas de decisión: (i) la Alternativa X1 que es la de no intervenir, es decir, no reforzar; (ii) la Alternativa X2 que consiste en reforzar la chimenea para minimizar su probabilidad de ruina.

En la Tabla 6.7 se sintetizan las consecuencias esperadas de las dos alternativas anteriores y los costos estimados (C). Por razones obvias, resulta conveniente expresar los costos asociados a la intervención, o a las pérdidas esperadas, en términos del costo de reposición del elemento en cuestión, aquí designado por la letra R.

**Tabla 6.7. Estados de la naturaleza, alternativas de acción, consecuencias esperadas y costos asociados**

ESTADOS DE LA NATURALEZA EN	ACCIONES ALTERNATIVAS, ESPERADAS Y COSTO (C) (1)	CONSECUENCIAS
TERMINOS DE IMM	X1: NO REFORZAR Co = 0	X2: REFORZAR Co = 50% R
EV	No daños.	No daños.
VI	No daños.	No daños.
VII	Daños menores. No interrupción de operación. C = 0,01% R	No daños. C = 0
VIII	Daños reparables. Pequeña probabilidad de ruina. Corta interrupción de operación: de 3 a 7 días. C = 5% R	Daños menores. No interrupción de operación C = 0,01% R
IX	Daños importantes. Probabilidad de ruina 0,40. La interrupción de operaciones puede extenderse entre 7 días y 30 días. C = R	Daños reparables. Pequeña probabilidad de ruina. Corta interrupción de operación: de 3 a 7 días. C = 5% R
<sup>3</sup> X	Ruina total. Interrupción de operación durante 30 a 50 días (2). C = 10 R	Daños estructurales controlados; baja probabilidad de ruina. Interrupción de operación de 10 a 20 días. C = 50% R

NOTAS: (1) C referido al costo de reposición R; Co = costo inicial.

(2) Incluye grados en exceso de X y construcción de una chimenea inclinada. La construcción de una nueva chimenea requiere más tiempo.

También se indican en la Tabla 6.7 las duraciones estimadas de los tiempos de interrupción de operación. Estos, al igual que los costos de pérdidas, son estimaciones gruesas que pueden ser afinadas en la medida que se posea información estadística del tipo de la que se recoge en la Referencia 16.

#### **6.5.4.4.- Toma de Decisiones**

Las utilidades esperadas dependerán tanto de la acción X1 ó X2 como del estado de la naturaleza (IMM). La mayor utilidad esperada, menor pérdida en este caso, se obtiene comparando las pérdidas probables asociadas a cada alternativa de decisión. Estas son:

Alternativa X1:

- 0,0023% R - 0,6% R - 6% R - 10% R = -0,166 R

Alternativa X2:

- Co - 0,0012% R - 0,30% R - 1% R = - 0,013 R - Co

De donde, si el costo de la intervención inicial Co es mayor que  $(0,166 R - 0,013 R) = 0,153 R$ , la alternativa X1 es la de mayor utilidad económica esperada.

El total acumulado de tiempos probables de rehabilitación, calculado en forma similar y con los mayores tiempos de interrupción de la Tabla 6.7, resulta ser unas 4 veces mayor para la alternativa X1 (2,6 días) que para la Alternativa X2 (0,62 días). Estos tiempos son pequeños debido a las pequeñas probabilidades de que se dé el suceso (véase la Tabla 6.6) y parecen ser riesgos tolerables.

El procedimiento permite la comparación sistemática entre componentes, sistemas o subsistemas, identificando así aquellos que requieren intervención en forma prioritaria.

#### **6.6.- Conclusiones**

- a) La mayor utilidad de la metodología descrita, se centra en la posibilidad de evaluar cuantitativamente la influencia de modificaciones, mejoras o trazados alternos en la respuesta esperada del sistema.
  - b) Las incertidumbres en las acciones esperadas, pueden incorporarse en la selección de las alternativas de acción con el fin de optimizar las medidas preventivas. Esto ha sido ejemplificado con el análisis de un componente del sistema seleccionado del Caso Estudio.
  - c) La extensión de su aplicación a los tiempos probables de rehabilitación del sistema es inmediata, sea para sismos o para otras causas de disrupción, siempre que se disponga de estadísticas confiables sobre los diferentes tipos de averías.
  - d) En la selección y/o modelaje de escenarios, es necesaria la incorporación de la historia de eventos extremos como los que se describen en las Tablas 6.1, 6.2, 6.3 y Anexo G.
  - e) Para la cuantificación de efectos y la vulnerabilidad de los componentes del sistema, es preciso combinar la estadística de casos (si existe) con los resultados de evaluaciones cuantitativas fundamentadas en las Normativas vigentes.
-

## Referencias citadas en el texto

1. EARTHQUAKE SPECTRA (1991) Costa Rica Earthquake of April 22, 1991. Reconnaissance Report. Supplement B to Vol 7, October, 127p
2. SAUTER F. (1991) Damage to Bridges and other Structures. In: The Limon Earthquake of April 1991, and its aftershocks: a post earthquake field study. Ed. Alvaro ESPINOSA (in press).
3. TREJOS S. y BALMA J.E. (1996) Estudio de Caso: Terremoto del 22 de Abril de 1991, Limón, Costya Rica. OPS/CEPIS/PUB/96.23, Lima, 177p
4. CAMACHO, E., LUQUE V. y de LEON I. (1991) Aspectos sismológicos y efectos geológicos del terremoto del 22 de Abril de 1991, en Bocas del Toro, Panamá. Univ de Panamá, Inst de Geociencias, Septiembre, Panamá, 60p + tablas.
5. GRASES J. (1991) Efectos e los sismos del 22 de Abril y 03 de Mayo en el hospital de Changuinola y otras instalaciones de salud de la Provincia de Bocas del Toro, República de Panamá. OPS, Caracas, 49p + anexos.
6. SANTANA G., VARGAS W., SANCHO V., SEGURA C., RAMIREZ A. y SIBAJA J. (1991) Registros de aceleraciones del terremoto de Limón, 22 de Abril de 1991. Reporte INII-58-91, Universidad de Costa Rica, Inst de Inv en Ing, Lab de Ing Sismica, San José, 46p + apéndices.
7. LOPEZ O.A., MALAVER A., SAUTER F., LOBO QUINTERO W., SANTANA G., de UZCATEGUI I. y GUTIERREZ M. (1992) El Terremoto de Costa Rica, 22 de Abril de 1991. CERESIS/UNESCO, Lima, 117p.
8. YOUD T.L., ROLLINS K.M., SALAZAR A.F. and WALLACE R.M. (1992) Bridge damage caused by liquefaction during the 22 April 1991 Costa Rica earthquake. Proc X World Conf Earth Eng, vol 1, 153-158, Madrid.
9. OPS/OMS (1990) Manual sobre Preparación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado para afrontar Situaciones de Emergencia. Segunda Parte. Identificación de Posibles Desastres y Areas de Riesgo. Julio, 1990, 39p. Tercera Parte. Análisis de Vulnerabilidad: Sismos y Otros, Julio, 81p.
10. OPS (1993) Planificación para atender Situaciones de Emergencia en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Cuaderno Técnico No 37, Washington, 67p.
11. CALIFORNIA OFFICE OF EMERGENCY SERVICES (1989) Guidance for the Preparation of a Risk Management and Prevention Program (RMPP). California, 43p + apéndices
12. RMPP SEISMIC GUIDANCE COMMITTEE (1992) Proposed Guidance for RMPP Seismic Assessments. Los Angenes, 17p.
13. HIDROVEN (1996) Curso de Instructores en Planes de Contingencia para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. Informe. San Crsitobal, 27-30 de Mayo,
14. MILUTINOVIC Z. V. (1997) Health aspects of disaster preparedness in Republic of Macedonia. Symp on Earthquakes and Health, January 27-31, Kobe, 22p.
15. AFPS (1990) Recommandations de la Association Française du Génie Parasismique. Paris, 183p.
16. RAMIREZ BETTY (1997) Plan de Emergencia para Atender Situaciones de Desastre en el Acueducto Metropolitano de Caracas, ante Averías ocurridas en el Sistema de Producción. Trabajo Especial de Grado para optar al Título de MSc en Ingeniería Sanitaria, UCV (en preparación).

17. WELLS, D. and COPPERSMITH, K. (1994) New empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. Bull Seism Soc of America, 84:4, 974-1002.
18. COVENIN 2003 (1986) Acciones del Viento sobre las Construcciones. FONDONORMA, Caracas 48p + comentarios.
19. CUBIC (1989) Structural design requirements. Wind Load. Caribbean Uniform Building Code, Part 2, Section 2. Georgetown, 54p
20. KEEFER D.K. (1984) Landslides caused by earthquakes. Bull Geol Soc of America, 95, 406-421.
21. HALL J.F. (1995) Northridge Earthquake of January 17, 1994. Reconnaissance Report. Earthquake Spectra, EERI Publication 95-03, Oakland, 523p.
22. DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS (MOP) (1976) Grandes Presas en Venezuela. El Agua, Número Especial, 297p.
23. MARNR (1995) Venezuela, Grandes Presas. Tomo I, Edición Especial. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, Caracas 165p.
24. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (1985) Seismic Performance of Pipelines and Storage Tanks. New York.
25. ARIMAN T., LEE B. and CHEN Q. (1987) Failure of Buried Pipelines under Large Ground Deformations. In: ARIMAN et al., Recent Advances in Lifeline Earthquake Engineering, Developments in Geotechnical Engineering, vol 49. Elsevier, Amsterdam.
26. BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL (BSSC) (1987) Abatement of Seismic Hazards of Lifelines: Proceedings of a Workshop on Developments of an Action Plan. Vol 5, Papers on Gas and Liquid Fuel Lifelines and Special Workshop Presentations. FEMA-139, July, Washington D.C.
27. SHINOZUKA M., MURATA M. and IWATA T. (1992) Strategies for repair and restoration of seismically damaged gas pipeline systems. Proc 4th US-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, NIST Spec Public 840, Washington, 391-405.
28. FOSTER H.D. (1980) Disaster Planning. The preservation of Life and Property. Springer-Verlag, Berlin, 275p
29. DAVIS, F.F. et al (1982) Earthquake planning scenario for a magnitude 8.3 earthquake on the San Andreas fault in the San Francisco bay area. California Department of Conservation, Division of Mines and Geology. Special Publication 61, 160p.
30. RELACIS/SOCVIS (1993) Glosario de Vocablos empleados en Ingeniería Sísmica. FUDECI, Caracas, 629
31. SAUTER, F. (1989) Introducción a la Sismología. San José de Costa Rica, 271p
32. GRASES, J. (1994) Venezuela. Amenazas Naturales: terremotos, maremotos y huracanes. Caracas, 162p
33. PDVSA (1993) Manual de Ingeniería de Riesgos, Volumen 1. Criterios para el Análisis Cuantitativo de Riesgos. IR-S-02. Caracas, Mayo, 92p.
34. HOPKINS, D.C., LUMSDEN, J.L. and NORTON, J.A. (1993) Lifelines in Earthquakes. A Case Study based on Wellington. Bull of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, vol 26, No2, June, 208-221.
35. COVENIN 1756 (1982) Edificaciones Antisísmicas. FONDONORMA, Caracas, 67p + comentarios.

36. GRASES J., MALAVER A., LOPEZ S. and RIVERO P. (1995) Seismic Hazard Evaluation for Design and/or Verification of a High Voltage System. Proc 4th U.S. Conf on Lifeline Earthq Eng, San Francisco, August 10-12
37. NYMAN D. (1984) Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipelines Systems. Committee on Gas and Liquid Fuel Lifelines. American Society of Civil Engineers, New York, 473p
38. WORLD, R.L. and JOCHIM C.L. (1989) Landslide Loss Reduction: a Guide for State and Local Government Planning. Earthquake Hazard Reduction Series 52, FEMA 182, August, Washington, 50p
39. UNDRRO (1978) Prevención y Mitigación de Desastres. Compendio de Conocimientos Actuales. Aspectos Sismológicos, vol 3. New York, 131p.
40. CHANG, B.Q., CHEN R.F. and WU P. (1992) Preliminary evaluation of seismic risk of earth dams. Proc Tenth World Conf on Earthq Eng, Madrid, vol 1, 467-470.
41. ATC-13 (1985) Earthquake Damage Evaluation data for California. Redwood City, 483p
42. EIDINGER, J., OSTROM, D. and MATSUDA, E. (1995) High Voltage Electric Substation Performance in Earthquakes. Proc 4th US Conf Lifelines Earthq Eng, San Francisco, 336-346.
43. OWEN, G.N. and SHOLL, R.E. (1981) Earthquake Engineering of Large Underground Structures. JAB-7821. San Francisco: URS/John A. Blume . Citado por: St JOHN C.M. and ZAHRAH T.F. (1987) Aseismic Design of Underground Structures. Tunelling and Underground Space Technology, 2:2, 165-197.
44. BENJAMIN J. R. and CORNELL A.C. (1970) Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers. McGraw Hill, New York, 684p
45. BRAZEE R.J. (1979) Reevaluation of Modified Mercalli Intensity Scale for Earthquakes using Distance as Determinant. Bulletin of the Seismological Society of America, 69:3, 911-924, June.
46. GRÜNTAL G. ed (1993) European Macroseismic Scale 1992. European Seismological Commission, Subcommittee on Engineering Seismology, Luxembourg, 79p.
47. CENTRE OF ADVANCED ENGINEERING (CAE) (1991) Lifelines in Earthquakes. Wellington Case Study. University of Canterbury, New Zealand, 39p.
48. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE (OEA) (1993) Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales, Washington, 12 capítulos + anexo.
49. BENUSKA L. (1990) Loma Prieta Earthquake. Reconnaissance Report. Earthquake Spectra, supplement to volume 6, EERI publication 90-01, El Cerrito, 448p.
50. COMISION PRESIDENCIAL PARA EL ESTUDIO DEL SISMO (1978) Segunda Fase del Estudio del Sismo Ocurrido en Caracas el 29 de Julio de 1967, Vol A. FUNVISIS, Caracas, 517p.
51. LOPEZ V. M. et al ((1967) Memorandum Informativo sobre la geología del Valle de Caracas. Caracas, Sub-Comisión del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 17p + anexos.
52. SCHUBERT C., VALASTRO S. y COWART J.B. (1977) Evidencias de levantamiento reciente en la costa norte-central (Cordillera de la Costa) de Venezuela. Acta Científica Venezolana 28: 363-372.

53. SEMINARIO SOBRE RIESGO GEOLOGICO (1977) Memorias del Seminario, auspiciado por UCV-FUNVISIS-OEA, Caracas 25-30 de Julio.
54. PIERETTI, J.G. (1965) Proyecto del Sistema de Bombeo Tuy No 2. Memoria Descriptiva, vol I, 97p; vol II y vol III planos, ediciones Plinio Alfonzo, Caracas.
55. SINGER A., ROJAS C. y LUGO M. (1983) Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. Estado preliminar. FUNVISIS, Caracas, 126p.
56. HANSON, R.D. and DEGENKOLB H.J. (1969) The Venezuela Earthquake, July 29, 1967. American Iron and Steel Institute, New York, 176p.
57. GRASES J. (1980) Investigación sobre los Sismos Destruidores que han afectado el Centro y el Occidente de Venezuela. Proyecto INTEVEP, 3 tomos, Caracas.
58. VARNES, D.J. (1984) Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris, 60p
59. UCAR NAVARRO, R. Determinación del mínimo factor de seguridad en taludes rocosos con grietas a tracción. XII Sem Venez de Geotec, Soc Venez Mec del Suelo e Ing de Fund, pp 159-166.
60. ARBOLEDA VALENCIA, J. (1992) Teoría y práctica de la purificación de agua. Gainesville, Florida, 780 p
61. EL UNIVERSAL (1971) Edición del 20 de Octubre. Caracas
62. AEROMAPAS SERAVENCA (1973) Estudio fotogeológico Tuy II y Tuy III. INOS, Dirección Acueductos y Alcantarillados de la Zona Metropolitana, Caracas.
63. PERGIS C.A. (1972) Exploración del subsuelo. Acueducto de Caracas: Sistema Tuy II, estación de bombeo No 3. Caracas, 7p + anexos.
64. GIMSA S.A. (1964) Tunel No 1: condiciones geológicas para la construcción. (Geol BAJETTI B., Sergio). INOS, Departamento Técnico, 6p + anexos.
65. WILLIAMS J.R. and BERNDT H.D. (1977) Sediment yield prediction based on watershed hydrology. Transactions of the ASAE, 1100-1104.
66. MANUAL OF ENGINEERING HANDBOOK (1979) Sediment Sources, Yields, and Delivery Ratios. Section 3 Sedimentation, Chapter 6, 6.1-6.14.
67. EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE (EERI) (1986) Reducing Earthquake Hazards: Lessons Learned feom Earthquakes. Publication No 86-02, El Carrito, 208p.
68. CORAL 83 (1997). Evaluación del Riesgo Sísmico en el Sistema de Almacenamiento y Transporte de Agua Potable para el Area Metropolitana de Caracas. Inf. Parte II, Mayo 102 p + anexos.
69. GRINSTEINS, V. (1997). Elevación (m.s.n.m.) versus Progresivas (km) Tuy I, Tuy II y Tuy III (VGE 22-12-96). Caracas, 1 p.
70. JAKUBOWICZ F., E y LAROTTA S., J. (1974). Terremoto del 29 de Octubre de 1900. Presentado en el I Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Caracas. En: Boletín Técnico IMME 11 (47): 23-78.
71. Datos empleados por INTEVEP en estudios de Torres Costa afuera al Nore de la Peninsula de Paria, 1983.
72. FLORIS C., COLOMBO A., MAZZUCHELLI A. e MORELLO M. (1990) Analisi Statistica dei Dati Eolici in Milano Centro. Atti del 1o Convegno Naz di Ingegneria del Vento, Firenze, 28-30 Ottobre .
73. SUAREZ M. (1997) comunicación personal

74. ARMADA DE VENEZUELA (1997) Precipitación mensual en la Estación Meteorológica Observatorio Cagigal (1947-1996). Dirección de Hidrografía y Navegación, Caracas.
  75. AGUIRRE P., J. (1980). Hidráulica de Sedimentos. Serie: Obras Hidráulicas, OH-2. ULA-CIDIAT, Mérida 269p.
  76. OPS/CEPIS (1996). Guías para la elaboración del Análisis de Vulnerabilidad de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. OPS/CEPIS/PUB/96.24. Distribución limitada, Lima 77p.
- 

### Referencias del capítulo 3

- HUNT, ROY E. (1984). "Geotechnical Engineering Investigation Manual." McGraw-Hill.
- SCHUSTER AND KRIZEK (1976). "Landslides Analysis and Control." Special Report 176. Transportation Research Board. National Academy of Sciences.
- GUIDICINI, G. AND IWASA, O. Y. (1977). "Tentative Correlation Between Rainfall and Landslides in a Humid Tropical Environment." Bulletin Intl. Assoc. of Engrg. Geol., No. 16, December, pp. 13-20.
- CRAIG, R. F. (1986). "Soil Mechanics." Fourth Edition, Chapman & Hall editors.
- TSUCHIDA (1970). "Predictions and Countermeans Against Liquefaction in Sand Deposits." Abstract of the Seminar in the Port and Harbor Research Institute, Yokohama, Japan, pp. 3.1-3.33.
- ASTM. American Standard of Testing Materials.
- PECK, R. B., HANSON, W., E., AND THORNBURN T. H. (1974). "Foundation Engineering." Second Edition. John Wiley & Sons, New York, p. 514
- TERZAGHI, K., PECK, R., AND MESRI, G. (1996). "Soil Mechanics in Engineering Practice." Thrid Edition. John Wiley & Sons, New York, p. 675
- STARK AND EID, H.T. (1994). "Drained Residual Strength of Cohesive Soils." J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, Vol. 120, No. 5, pp. 856-871.
- TERZAGHI AND PECK (1967). "Soil Mechanics in Engineering Practice." Thrid Edition. John Wiley & Sons, p.
- STARK AND OLSON (1995). "Liquefaction Resistance Using CPT and Field Case Histories." J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, Vol. 121, No. 1, pp. 856-869.
- LIAO AND WHITMAN (1985). "Overburden Correction Factor for SPT in Sand." J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, Vol. 112, No. 3, pp. 373-377.
- SCHMERTMAN (1975). "Measurement of in-situ Shear Strength." Proc. ASCE, Specialty Conf. On In-situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, pp. 57-138.
- SEED AND IDRIS (1982). "Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes." Monograph Published by Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley, p.134.
-