

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3623:2000**

**DISEÑO SISMORRESISTENTE
DE TANQUES METÁLICOS**

(Provisional)

MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL SECTORIAL DE EQUIPAMIENTO URBANO



PRÓLOGO

La presente norma fue elaborada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT3 Construcción**, por el Subcomité Técnico **SC1 Edificaciones** y aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior N° **2000-07** de fecha **26/07/2000** con carácter provisional.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades; Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS; Petróleos de Venezuela S.A. PDVSA; Ministerio de Infraestructura; MINFRA; Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, FONDONORMA.

Esta Norma Venezolana COVENIN-MINDUR es equivalente a las Especificaciones PDVSA N° FJ-251.

INTRODUCCIÓN

Por iniciativa de la Comisión Ad-Hoc designada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, **FUNVISIS**, para la preparación y discusión del texto final de la Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 1756:1998 *Edificaciones sismorresistentes*, integrada por los siguientes profesionales: Arnaldo Gutiérrez, Denis Rodríguez, Heriberto Echezuría, José Grases (coordinador), Jorge González (secretario), Oscar Andrés López, William Lobo Q. y Manuel Paga (asesores); la Comisión Permanente de Normas Técnicas del Ministerio del Desarrollo Urbano, **MINDUR**, tramitó, revisó y aprobó la presente Especificación PDVSA FJ-251 para que sea considerada ante **FONDONORMA** para su adopción como Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 3623 *Diseño sismorresistente de tanques metálicos*, para todo tipo de instalaciones industriales -petroleras y no petroleras- para llenar el vacío existente actualmente en el sector de infraestructura industrial. La presente norma forma parte integrante del Manual de Ingeniería de Diseño de **PDVSA**.

Por la Comisión Permanente de Normas Técnicas del MINDUR:

Salomón Epelbojm

Arnaldo Gutiérrez

César Carreño

Carmen Lobo de Silva.

Caracas, 24 de agosto de 1999.

La presente Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 3623:2000, es de carácter provisional por el período de un año, contando a partir de la fecha de su publicación en Gaceta Oficial, a fin de obtener y procesar las observaciones que su uso ocasione.

Todas las consultas, así como las observaciones que surjan durante este periodo de un año, deben enviarse por escrito y debidamente documentadas, según las pautas establecidas en el Anexo B de la presente Norma Venezolana, a cualquiera de los siguientes entes:

- **Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS:**

Prolongación Calle Mara, El Llanito, Caracas, 1070;

Fax: (02) 257.99.77; e-mail: dproct@funvisis.internet.ve

Atención: Dr. Grases, Coordinador de la Comisión Ad-Hoc ó

Ing. Nuris Orihuela, Presidente de FUNVISIS.

- **Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, FONDONORMA**

Final Av. Andrés Bello, Torre Fondo Común, Pisos 11 y 12, Caracas;

Apartado Postal 51116, Caracas 1050-A, Venezuela;

Fax: (02) 574.13.12; e-mail: hvivas@fondonorma.org.ve

Atención: Ing. Humberto Vivas Pérez, Coordinador Comités Técnicos de Normalización del Sector Construcción.

**NORMA VENEZOLANA
DISEÑO SISMORRESISTENTE
DE TANQUES METÁLICOS**

**COVENIN
3623:2000
(Provisional)**

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma Venezolana establece los criterios mínimos para el diseño sismorresistente de tanques de acero, cilíndricos, verticales, con presión interna no mayor a la presión atmosférica.

1.2 Esta Norma Venezolana va acompañada de comentarios que tienen como propósito señalar sus fundamentos y ejemplificar su aplicación. Véase A.1.1.

1.3 Esta Norma debe ser utilizada en conjunto con la Norma Venezolana COVENIN 3621.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente:

2.1 Normas Venezolanas COVENIN

COVENIN 1618:1998 Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites.

COVENIN 1753:1987 Estructuras de concreto armado para edificaciones. Análisis y diseño

COVENIN 1756:1998 Edificaciones sismorresistentes

COVENIN 3621:2000 Diseño sismorresistente de instalaciones industriales

COVENIN 3622:2000 Diseño sismorresistente de recipientes y estructuras

COVENIN 3624:2000 Diseño sismorresistente de estructuras en aguas lacustres y someras.

2.2 Especificaciones PDVSA

IR-S-00 Definiciones

2.3 Otras Normas

Hasta tanto no se aprueben las Normas Venezolanas COVENIN respectivas, se deben consultar los documentos siguientes:

API Standard 650 Seismic Design of Storage Tanks.

2.4 Otros Documentos

PRIESTLEY, M.(Editor) Seismic design of Storage Tanks. New Zealand National Society of Earthquake Engineering, New Zealand, 1986.

3 TERMINOLOGÍA

3.1 Glosario

Para el propósito de esta Norma Venezolana se aplican las siguientes definiciones junto con la terminología correspondiente a la Norma Venezolana COVENIN 3621:

3.1.1 Anclaje

Pernos, barras o planchas utilizadas para anclar el tanque al anillo de concreto de fundación.

3.1.2 Coeficiente de amortiguamiento equivalente

Es la fracción del amortiguamiento crítico que incorpora las diversas formas de disipación de energía del sistema tanque-líquido-suelo.

3.1.3 Efectos convectivos

Son aquellos efectos dinámicos asociados a las oscilaciones del líquido.

3.1.4 Efectos impulsivos

Son aquellos efectos dinámicos asociados al movimiento del líquido como un cuerpo rígido.

3.1.5 Fondo del tanque

Láminas metálicas que forman el piso del tanque.

3.1.6 Modo convectivo

Es el primer modo de vibración del líquido contenido en el tanque; el líquido experimenta un movimiento oscilatorio respecto a un eje horizontal que coincide con el diámetro del tanque.

3.1.7 Modo impulsivo

Es el modo de vibración del sistema tanque-líquido en donde el líquido se mueve al unísono con el tanque.

3.1.8 Pared o concha del tanque

Lámina metálica que forma la cubierta lateral del tanque; se le suele llamar también concha (traducción del inglés shell).

3.1.9 Placa anular o anillo

Lámina metálica en forma de anillo que se encuentra en el fondo del tanque exactamente debajo de la pared del tanque.

3.1.10 Período de vibración

Es una propiedad del sistema tanque-líquido, que depende de su geometría, sus masas y sus rigideces.

3.1.11 Techo del tanque

Sistema que conforma la cubierta superior del tanque.

3.2 Notación

Para la aplicación de esta Norma Venezolana se deben respetar las unidades indicadas en la lista que sigue:

- A_d es la ordenada del espectro de diseño de la componente horizontal, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Es adimensional.
- A_{dv} es la ordenada del espectro de diseño de la componente vertical, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Es adimensional.
- A_0 es la aceleración máxima del terreno expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Es adimensional.
- D es el factor de ductilidad.
- E es el módulo de elasticidad de las paredes del tanque, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.
- F_a es el esfuerzo admisible de compresión en la base de la pared del tanque, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.

F_{by}	es el esfuerzo correspondiente al límite elástico de la plancha de fondo, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.
F_{ty}	es el esfuerzo correspondiente al límite elástico del anillo inferior de la pared del tanque, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.
G	es la gravedad específica del líquido almacenado. Es adimensional.
H_L	es la altura máxima del líquido, en metros.
K_h	es el coeficiente usado para el cálculo del periodo T_1 . Es adimensional.
K_v	es el coeficiente usado para el cálculo del periodo T_v . Es adimensional.
M	es el momento en la base del tanque debido a la combinación de los efectos impulsivos y convectivos, se expresa en kilogramo-metro.
M_r	es el momento reducido en la base, en kilogramo-metro.
M_1	es el momento en la base del tanque debido a los efectos impulsivos, en kilogramo-metro.
M_2	es el momento en la base del tanque debido a los efectos convectivos, en kilogramo-metro.
P_e	es el punto de ebullición del líquido, en grados centígrados.
P_i	es el punto de inflamación del líquido, en grados centígrados.
P_1	es la probabilidad de excedencia anual. Es adimensional.
T	es el periodo fundamental de la estructura, se expresa en segundos.
T_1	es el periodo del modo impulsivo, se expresa en segundos.
T_2	es el periodo del modo convectivo, se expresa en segundos.
T_v	es el periodo de vibración vertical del sistema tanque-líquido, en segundos.
V	es la fuerza en la base del tanque debida a los efectos impulsivos y convectivos, en kilogramos.
V_r	es la fuerza cortante reducida en la base del tanque, en kilogramos.
V_1	es la fuerza cortante en la base del tanque debida a los efectos impulsivos, en kilogramos.
V_2	es la fuerza cortante en la base del tanque debida a los efectos convectivos, en kilogramos.
W	es el peso total del líquido, en kilogramos.
W_L	es el máximo peso del contenido del tanque que se puede utilizar para resistir el momento de vuelco, en kilogramos por metro.
W_p	es el peso de las paredes del tanque en kilogramos.
W_t	es el peso de las paredes del tanque más el peso de la porción del techo que se apoya en las mismas, en kilogramos por metro lineal de circunferencia.
W_{te}	es el peso del techo del tanque, en kilogramos.
W_1	es el peso efectivo del líquido que vibra al unísono con el tanque (modo impulsivo), en kilogramos.
W_2	es el peso efectivo del líquido que participa en el primer modo de vibración del líquido (modo convectivo), en kilogramos.
X_p	es la altura del centro de gravedad de las paredes, referida a la base del tanque, en metros.
X_{te}	es la altura del centro de gravedad del techo, referida a la base del tanque, en metros.
X_1	es la altura del peso W_1 , en metros.

- X_2 es la altura del peso W_2 , en metros.
- b es la fuerza de compresión en la base de la pared, en kilogramos por metro lineal de circunferencia.
- d es el diámetro del tanque, en metros.
- h es la altura máxima de oscilación del líquido, en metros.
- f_c es el esfuerzo de compresión actuante en el anillo inferior de la pared del tanque, en kilogramos por centímetro cuadrado.
- g es la aceleración de gravedad igual a 981 cm/s^2 .
- r es el radio nominal del tanque, en metros.
- t es la vida útil o vida económica asignada a la instalación, en años.
- t_c es el espesor del anillo inferior de la pared del tanque, en milímetros.
- t_b es el espesor de la plancha de fondo que está debajo del anillo inferior, en milímetros.
- t_m es el espesor promedio de los anillos que constituyen la pared del tanque, en milímetros.
- β uno de los parámetros que definen la forma de los espectros. Es adimensional.
- β^* es el factor de amplificación espectral. Adimensional.
- σ es el esfuerzo circunferencial máximo en el anillo inferior de la pared del tanque, en kilogramos por centímetro cuadrado.
- σ_{gh} es el esfuerzo circunferencial en la base de la pared, debido a la componente horizontal del sismo, en kilogramos por centímetro cuadrado.
- σ_{gv} es el esfuerzo circunferencial en la base de la pared, debido a la componente vertical del sismo, en kilogramos por centímetro cuadrado.
- γ_1 es el peso específico del líquido, en kilogramos por metro cúbico.
- ξ es el coeficiente de amortiguamiento equivalente. Adimensional.

4 MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

Los movimientos sísmicos de diseño se determinan de acuerdo con lo indicado en la Norma Venezolana COVENIN 3621, con el Grado de Riesgo (Tabla 1). Se selecciona la probabilidad de exceedencia anual (P_1) dada en la mencionada Tabla, la cual es utilizada en el cálculo de la aceleración horizontal máxima del terreno. Esta aceleración, así como las componentes a considerar en el diseño y/o verificación, se da en el capítulo 7 de la COVENIN 3621. Véase A.2.

Los espectros de respuesta elástica se determinan de acuerdo con la sección 7.3 de la Norma Venezolana COVENIN 3621, o con el capítulo 8 de la misma norma para $D=1$. El factor de amortiguamiento necesario para definir la ordenada del espectro en la superficie [véase Ecuación (5) de COVENIN 3621], debe ser seleccionado en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de amortiguamiento equivalente (ξ)

	Efectos impulsivos				Efectos convectivos
	Suelos S1 y S2		Suelos S3 y S4		
	Dirección horizontal	Dirección vertical	Dirección horizontal	Dirección vertical	
Tanques anclados	0,03 (a)	0,05	0,05 (b)	0,08	0,005
Tanques no anclados	0,10	0,05	0,15	0,08	0,005

a) Se puede elevar hasta 0,05 si los anclajes se diseñan como anclajes dúctiles que trabajen en el rango inelástico.

b) Se puede elevar hasta 0,07 si los anclajes se diseñan como anclajes dúctiles que trabajen en el rango inelástico.

5 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el diseño se debe utilizar el criterio de superposición de efectos establecidos en la sección 4.5 [(Ecuación (1)) de la Norma Venezolana COVENIN 3621, con los coeficientes dados en la Tabla 2, que se presenta a continuación:

Tabla 2. Coeficientes a emplear para la superposición de efectos (según la sección 4.5 COVENIN 3621)

Método de diseño	Coeficiente de la ecuación (1)		
	m	n	q
Resistencia última	1,0	1,0	1,0
Esfuerzos admisibles	1,0	1,0	0,8

Para el diseño del tanque, esta Norma Venezolana utiliza el método de esfuerzos admisibles en sus secciones 10.1 a 10.6, ambas incluidas.

A tal efecto se debe emplear el momento en la base reducido $M_r = 0,8 M$ y la fuerza cortante en la base reducida $V_r = 0,8 V$. Véase A.3.

6 MODELO MATEMÁTICO

6.1 Procedimiento

6.1.1 El análisis sísmico descrito en esta sección se fundamenta en que la respuesta dinámica en dirección horizontal del sistema tanque-líquido está definida por dos (2) modos de vibración: un modo impulsivo, donde una parte del líquido se mueve al unísono con el tanque, y un modo convectivo donde una parte del líquido oscila independientemente del movimiento del tanque.

6.1.2 El modelo dinámico está constituido por dos (2) pesos equivalentes: uno representa el efecto del modo impulsivo y el otro el del modo convectivo. La altura equivalente de cada peso, referida al fondo del tanque, se utiliza para calcular los momentos de volcamiento en la base, resultantes de los efectos hidrodinámicos.

6.1.3 Para el cálculo de los efectos hidrodinámicos que induce la acción sísmica, se podrán utilizar modelos más refinados que los aquí indicados siempre que sean debidamente justificados. Véase A.4.

6.2 Pesos efectivos

Los pesos efectivos W_1 y W_2 se determinan multiplicando por W los valores W_1 / W y W_2 / W obtenidos de la Figura 1, donde:

W_1 es el peso efectivo del líquido que vibra al unísono con el tanque (modo impulsivo), en kilogramos;

W_2 es el peso efectivo del líquido que participa en el primer modo de vibración del líquido (modo

convectivo), en kilogramos;

W es el peso total del líquido, en kilogramos;

d es el diámetro nominal del tanque, en metros;

H_L es la altura máxima del líquido, en metros.

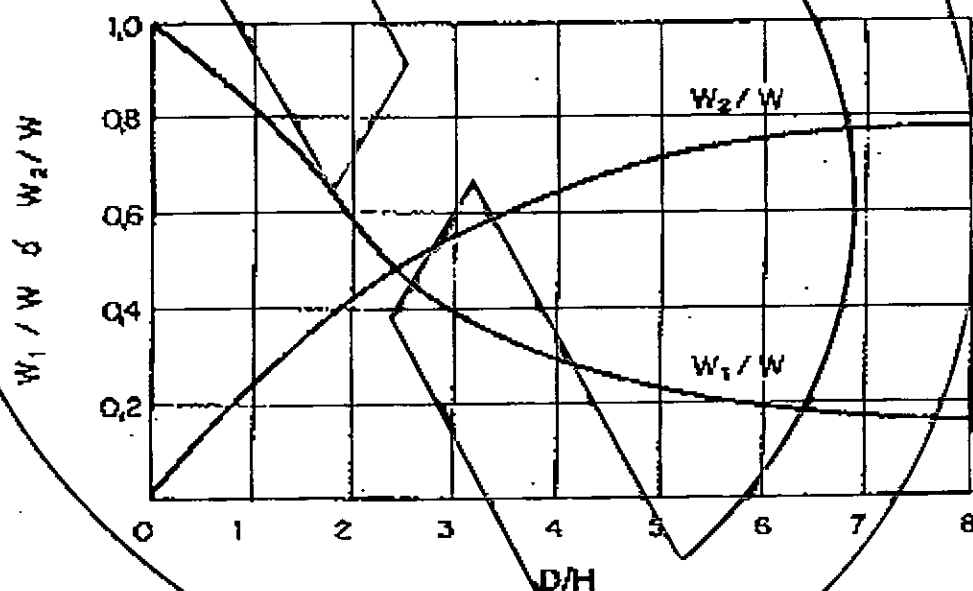


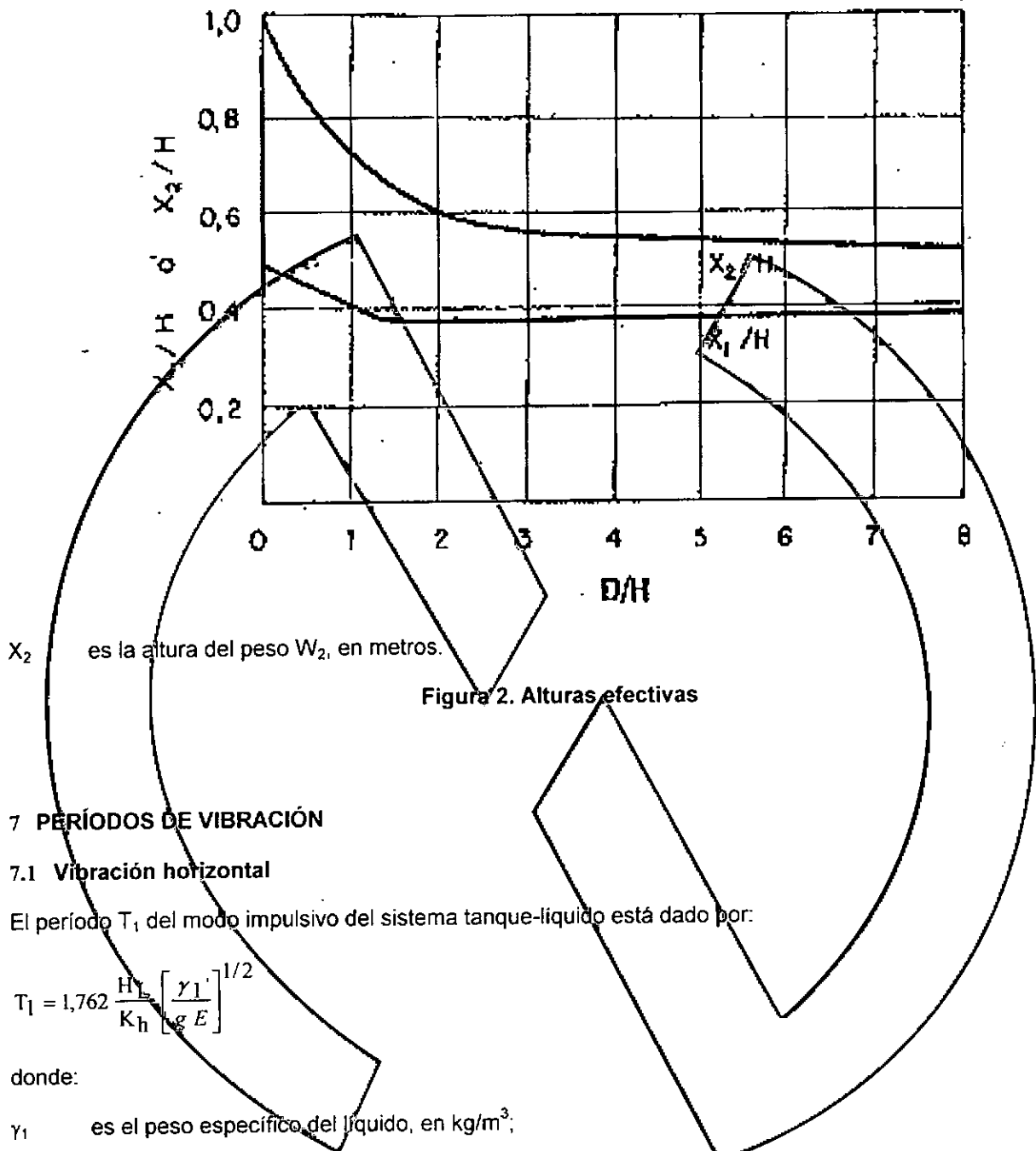
Figura 1. Pesos efectivos

Véase A.4.2.

6.3 Alturas efectivas

Las alturas medidas desde el fondo del tanque hasta el centroide de cada peso efectivo, se obtienen de multiplicar por H_L los valores X_1 / H_L y X_2 / H_L determinados en la Figura 2, (véase A.4.3), donde:

X_1 es la altura del peso W_1 , en metros;



X_2 es la altura del peso W_2 , en metros.

Figura 2. Alturas efectivas

7 PERÍODOS DE VIBRACIÓN

7.1 Vibración horizontal

El período T_1 del modo impulsivo del sistema tanque-líquido está dado por:

$$T_1 = 1,762 \frac{H_L}{K_h} \left[\frac{\gamma_L}{g E} \right]^{1/2} \quad (1)$$

donde:

γ_L es el peso específico del líquido, en kg/m^3 ;

E es el módulo de elasticidad de las paredes del tanque, en kg/cm^2 ;

K_h es el coeficiente definido en la Figura 3 siendo t_m el espesor promedio (en mm) de los anillos que constituyen la pared del tanque y r el radio nominal (en metros) del tanque;

g es la aceleración de gravedad (981 cm/s^2).

El período T_2 del primer modo convectivo de oscilación del líquido está dado por:

$$T = \frac{20\pi \left[\frac{d}{2g} \right]^{1/2}}{1,84 \tanh \left(1,84 \frac{H}{r} \right)} \quad (2)$$

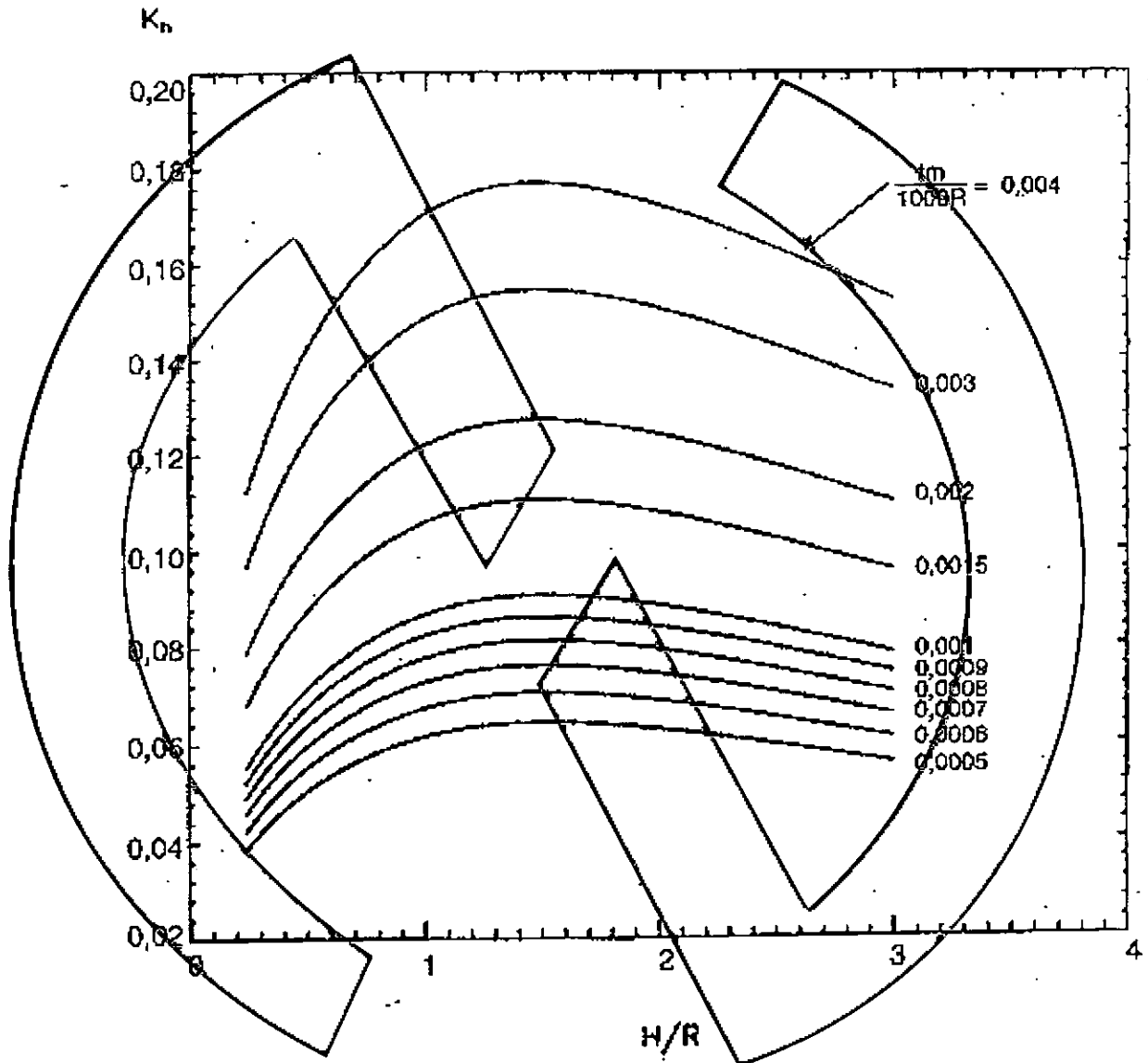


Figura 3. Coeficiente K_h

Véase A.5.

7.2 Vibración vertical

El período fundamental T_v de vibración vertical del sistema tanque-líquido está dado por:

$$T_v = \frac{1,762 H_L}{K_V} \left[\frac{\gamma_1}{gE} \right]^{1/2} \quad (3)$$

donde:

K_v es el coeficiente definido en la Figura 4, siendo t_m el espesor promedio (en mm) de los anillos que constituyen la pared y el radio nominal (en metros) del tanque.

8 FUERZAS EN LA BASE DEL TANQUE

8.1 Componente sísmica horizontal

Las fuerzas resultantes en la base del tanque se obtienen combinado los efectos del modo impulsivo y del modo convectivo, (véase A.6), según el método del valor máximo probable.

8.1.1 Fuerza cortante

La fuerza cortante máxima probable V está dada por:

$$V = (V_1^2 + V_2^2)^{1/2}$$

$$V_1 = A_{d1}(W_1 + W_p + W_{te})$$

$$V_2 = A_{d2} W_2$$

donde:

V_1 es la fuerza cortante en la base debida a los efectos impulsivos, en kilogramos;

V_2 es la fuerza cortante en la base debida a los efectos convectivos, en kilogramos;

A_{d1} es la ordenada del espectro de diseño definido en la Sección 3, para el periodo T_1 ;

A_{d2} es la ordenada del espectro de diseño definido en la Sección 3, para el periodo T_2 ;

W_1 es el peso efectivo definido en la sección 6.2;

W_2 es el peso efectivo definido en la sección 6.2;

W_p es el peso de las paredes del tanque, en kilogramos;

W_{te} es el peso del techo del tanque, en kilogramos.

8.1.2 Momento en la base

El momento máximo probable del tanque está dado por:

$$M = (M_1^2 + M_2^2)^{1/2}$$

$$M_1 = A_{d1} (W_1 X_1 + W_p X_p + W_{te} X_{te})$$

$$M_2 = A_{d2} W_2 X_2$$

donde:

M_1 es el momento en la base del tanque debido a los efectos impulsivos, en kilogramo-metro;

M_2 es el momento en la base del tanque debido a los efectos convectivos, en kilogramo-metro;

X_1 es la altura efectiva definida en el párrafo 6.3;

X_2 es la altura efectiva definida en el párrafo 6.3;

X_p es la altura del centro de gravedad de las paredes, referidas a la base del tanque, en metros;

X_{te} es la altura del centro de gravedad del techo, referida a la base del tanque en metros.

8.1.3 Esfuerzo circunferencial

El esfuerzo circunferencial en (kg/cm^2) producido en la base de la pared del tanque por la componente horizontal del sismo, (σ_{eh}) está dado por:

$$\sigma_{eh} = V_r / (10 \pi H_L t_c)$$

donde:

V_r es la fuerza cortante reducida en la base; en kilogramos;

t_c es el espesor de la base de la pared ((anillo inferior), en milímetros.

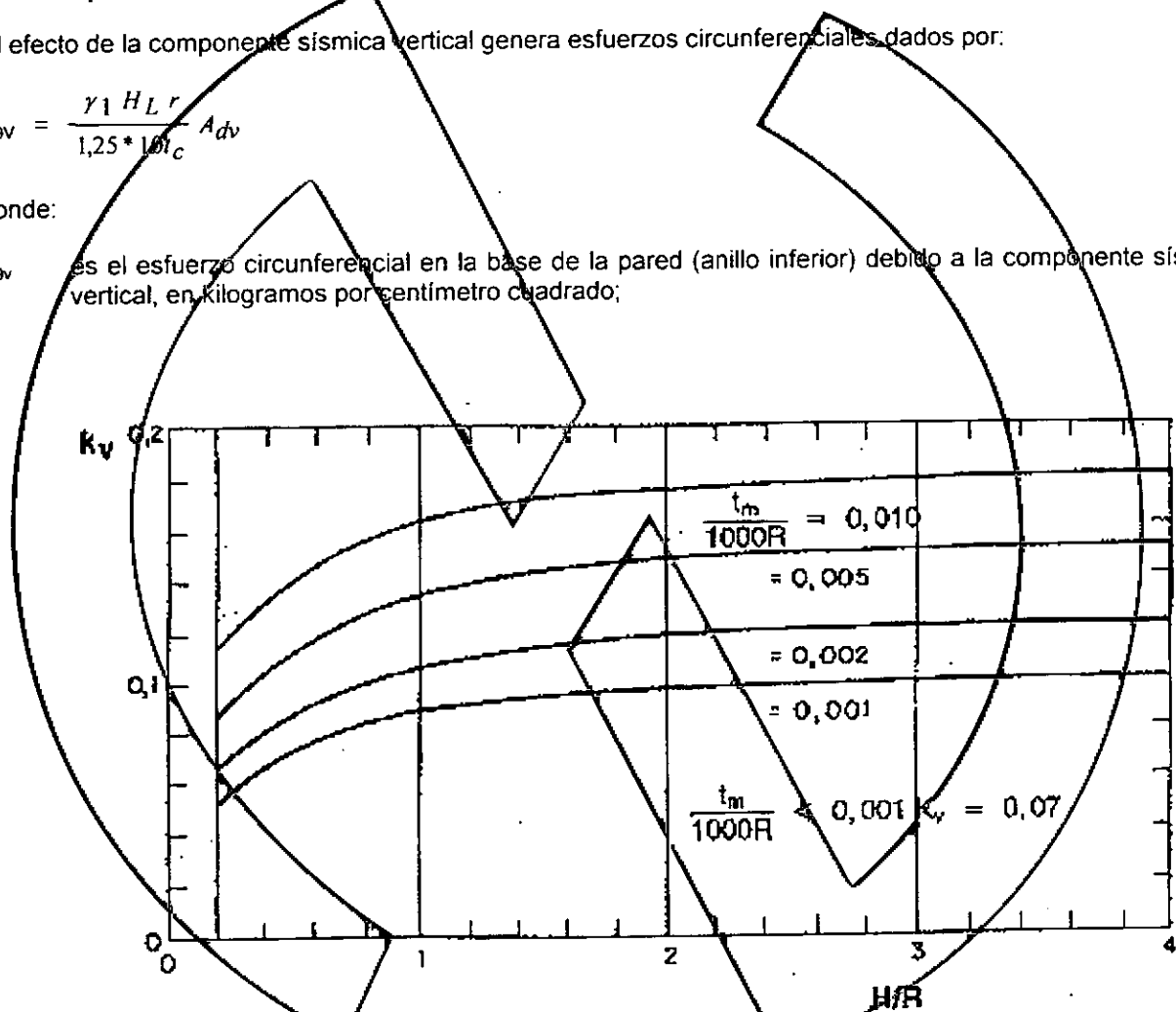
8.2 Componente sísmica vertical

El efecto de la componente sísmica vertical genera esfuerzos circunferenciales dados por:

$$\sigma_{ev} = \frac{\gamma_1 H_L r}{1,25 \cdot 10^6 t_c} A_{dv}$$

donde:

σ_{ev} es el esfuerzo circunferencial en la base de la pared (anillo inferior) debido a la componente sísmica vertical, en kilogramos por centímetro cuadrado;



γ_1 es el peso específico del líquido, en kilogramos por metro cúbico,

A_{dv} es la ordenada del espectro de diseño de la componente vertical del sismo (véase capítulo 4) obtenida con el período T_v (véase Ecuación 3, sección 7.2).

Figura 4. Coeficiente K_v

8.3 Fuerzas para el diseño de la fundación

Las solicitaciones para el diseño del sistema de fundaciones deben incluir además de los efectos de la gravedad, los efectos inerciales generados por el sismo sobre todos los componentes del tanque, así como los efectos hidrodinámicos, en especial las presiones generadas sobre el fondo del tanque. En el caso de tanques que no estén apoyados directamente sobre el terreno, el sistema de apoyo se debe incorporar en el modelo de análisis.

9 ALTURA MÁXIMA DE OSCILACIÓN DEL LÍQUIDO

La altura máxima de la onda producida por las oscilaciones del líquido, (véase A.7), está dada por:

$$h = 0,48 d A_{d2}$$

donde:

A_{d2} es la ordenada del espectro de diseño definido en la Sección 3, para el período T_2 ;

d es el diámetro nominal del tanque, en metros;

h es la altura máxima de oscilación del líquido, en metros.

10 DISEÑO

10.1 Resistencia al volcamiento

La resistencia al momento de vuelco es suministrada por el peso de las paredes del tanque y por el anclaje de las mismas. Para tanques no anclados, esta resistencia es provista por el peso de las paredes y por una parte del peso del contenido del tanque (véase A.8). Este peso está dado por:

$$W_L = 3,16 t_b \sqrt{F_{by} G} H_L$$

Adicionalmente, W_L no debe exceder el valor de $20 G H_L d$

donde:

W_L es el máximo peso del contenido del tanque que se puede utilizar para resistir el momento del vuelco, en kilogramos por metro;

t_b es el espesor de la placa anular, en milímetros;

F_{by} es el esfuerzo correspondiente al límite elástico de la plancha de fondo, en kilogramos por centímetro cuadrado;

G es la gravedad específica del líquido almacenado;

H_L es la altura máxima del líquido, en metros;

d es el diámetro nominal del tanque, en metros.

El espesor de la placa anular no debe exceder el mayor valor entre los dos (2) siguientes: el espesor del primer anillo de pared ó 6 mm. Cuando el espesor de la placa anular sea mayor que el resto de las planchas de fondo, su ancho será $\geq 0,0017 W_L / G H_L$, medido radialmente desde la parte interna de la pared del tanque.

10.2 Compresión actuante en el anillo inferior

10.2.1 Tanques no anclados

La fuerza de compresión en el anillo inferior de la pared (b), en kilogramos por metro lineal de circunferencia, está dada por:

- Cuando:

$$\frac{M_r}{d^2 (W_t + W_L)} \leq 0,785$$

$$b = W_t + \frac{1,273 M_r}{d^2}$$

b es la fuerza de compresión en el anillo inferior de la pared, en kilogramo por metro lineal de circunferencia.

- Cuando:

$$0,785 < \frac{M_r}{d^2 (W_t + W_L)} \leq 1,5$$

El valor de b se determina a partir del parámetro siguiente, obtenido de la Figura 5:

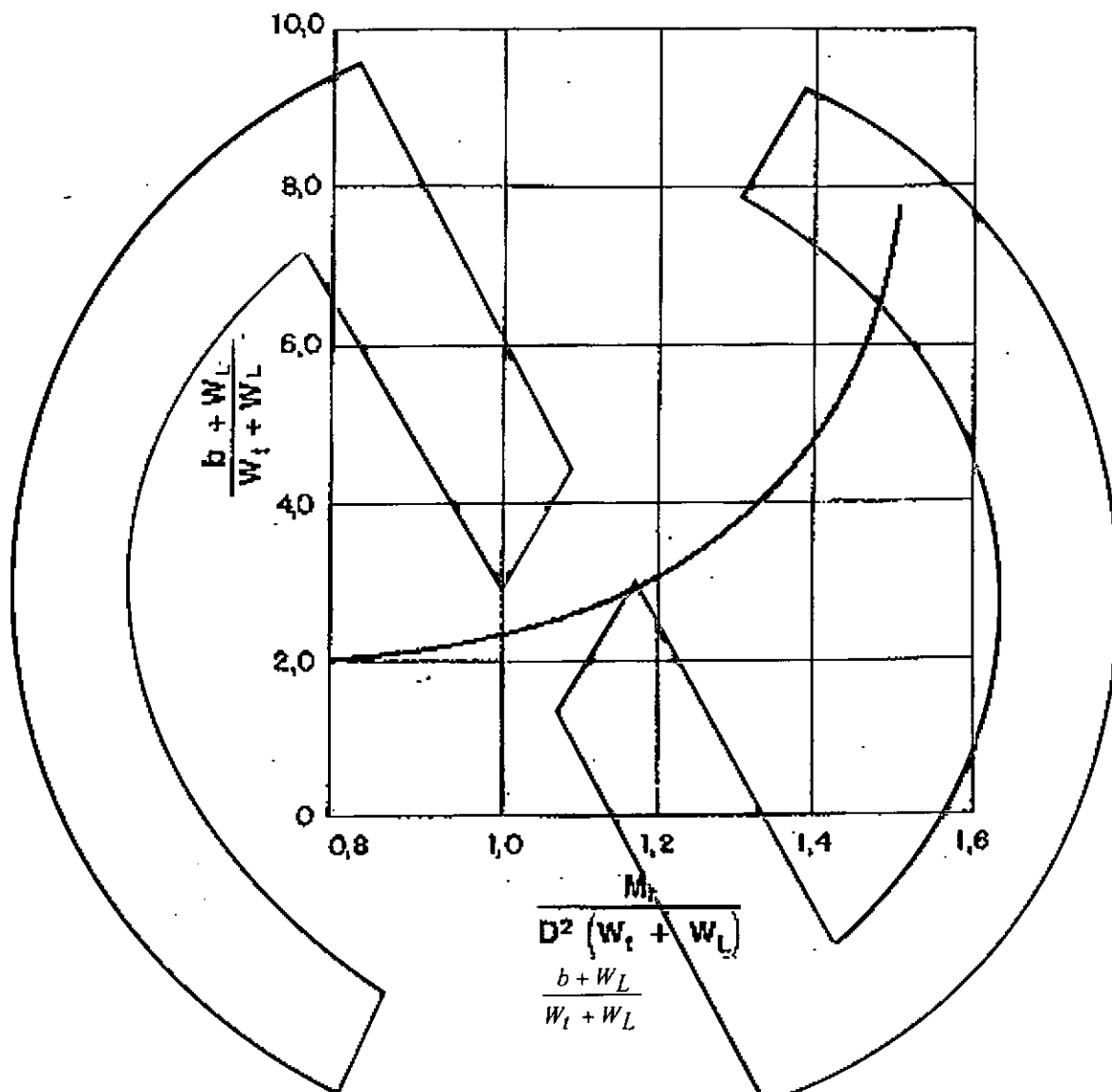


Figura 5. Cálculo del parámetro b cuando se tiene $0,785 \leq (M_r / D^2 (W_t + W_L)) \leq 1,5$

- Cuando:

$$1,5 < \frac{M_r}{d^2 (W_t + W_L)} \leq 1,57$$

b se obtiene de:

$$\frac{b+W_L}{W_i+W_L} = \frac{1,490}{\left[1 - \frac{0,637 M_r}{d^2(W_i+W_L)}\right]^{1/2}}$$

- Cuando:

$$\frac{M_r}{d^2(W_i+W_L)} > 1,57$$

o cuando: $f_c = b / 10 t_c > F_a$, el tanque es estructuralmente inestable por lo que es necesario tomar alguna de las siguientes medidas:

1. Aumentar el espesor de la placa anular respetando las limitaciones dadas en el párrafo 10.1.
2. Aumentar el espesor t_c del anillo inferior de la pared.
3. Modificar las proporciones del tanque, aumentando el diámetro y reduciendo la altura.
4. Anclar el tanque como se especifica en la sección 10.5.

En las fórmulas anteriores:

W_i es el peso de las paredes del tanque y de la porción de techo que se apoya en las mismas, en kilogramos por metro lineal de circunferencia;

f_c es el esfuerzo de compresión actuante en el anillo inferior de la pared del tanque, en kilogramos por centímetro cuadrado.

10.2.2 Tanques anclados

La fuerza de compresión en el anillo inferior de la pared se determina mediante:

$$b = W_i + 1,273 M_r / d^2$$

10.3 Compresión admisible en el anillo inferior

El esfuerzo de compresión actuante en el anillo inferior de la pared está dado por f_c . Este esfuerzo no debe exceder el valor F_a dado por:

- Si $G H_L d^2 / t_c^2 \geq 44$

$$F_a = 844 t_c / d;$$

- Si $G H d^2 / t_c^2 < 44$

$$F_a = \frac{388 t_c}{d} + 68,7 \sqrt{G H_L}$$

En cualquier caso, F_a no debe exceder el valor $0,5 F_{ty}$ donde:

t_c es el espesor del anillo inferior de la pared, excluyendo el valor nominal por corrosión, en milímetros;

F_a es el esfuerzo admisible de compresión en el anillo inferior de la pared, en kilogramo por centímetro cuadrado;

F_{ty} es el esfuerzo correspondiente al límite elástico del anillo inferior de la pared del tanque, en kilogramos por centímetro cuadrado;

d, H_L expresados en metros.

10.4 Anillos superiores

Si del análisis resulta que el espesor del anillo inferior de la pared, necesario para resistir el momento debido a la acción sísmica, es mayor que el espesor requerido para resistir la presión hidrostática, excluyendo de ambos el espesor por corrosión, el espesor de cada uno de los anillos superiores calculados para resistir la presión hidrostática debe ser incrementado en la misma proporción a menos que se haga un análisis especial para determinar el momento y los esfuerzos que genera la acción sísmica en cada uno de los anillos superiores.

10.5 Anclaje de tanques

10.5.1 Anclaje mínimo

Cuando se considera necesario anclar el tanque, el anclaje debe ser diseñado para suministrar la siguiente resistencia mínima, en kilogramos por metro lineal de circunferencia:

$$\frac{1,273 M_r}{d^2} - w_t$$

Se deben investigar los esfuerzos que se inducen en las áreas de conexión de los anclajes a la pared del tanque, bajo la condición de cedencia de los mismos.

10.5.2 Consideraciones de diseño

10.5.2.1 La experiencia ha indicado que tanques anclados, adecuadamente diseñados, tienen mayor reserva resistente ante sismos que la que tienen tanques no anclados. Si un tanque anclado no se diseña apropiadamente, su pared es susceptible de sufrir desgarramiento. Se debe verificar que la resistencia de los componentes del sistema de anclaje es mayor que la resistencia a la cedencia del anclaje, de manera que el perno ceda primero. Adicionalmente a los requisitos dados en el párrafo 10.5.1, en el diseño de los anclajes se deben tomar en cuenta los párrafos 10.5.2.2 hasta 10.5.2.6. Véase A.9.

10.5.2.2 La distancia entre anclajes adyacentes no debe exceder tres (3) metros. En tanques con diámetros menores de 15 metros, esta distancia no debe exceder 1,80 metros. Cuando se utilicen pernos de anclaje, estos deben tener un diámetro mínimo de 25 mm, excluido el valor de corrosión.

10.5.2.3 El máximo esfuerzo admisible para los componentes del anclaje no debe exceder los siguientes valores:

10.5.2.3.1 Para los anclajes, 0,8 veces el esfuerzo cedente (0,6 veces el esfuerzo cedente multiplicado por 1,33).

10.5.2.3.2 Para otras partes, 133 por ciento del esfuerzo admisible, véase 3.10 ("Roofs") del API 650.

Estos esfuerzos pueden ser usados con otras cargas cuando éstas se combinan con las cargas sísmicas y domina el efecto combinado.

10.5.2.4 Los componentes del sistema de anclaje y la unión con la pared del tanque, deben ser diseñados para una carga igual al producto del mínimo valor especificado del esfuerzo cedente por el área mínima de la sección del anclaje finalmente seleccionado.

10.5.2.5 La unión del anclaje a la fundación debe ser capaz de soportar, como mínimo, una fuerza igual a la resistencia nominal a la cedencia del anclaje. Anclajes con ganchos o planchas en su extremo se pueden utilizar para resistir la tracción, siempre que se compruebe que no pueda ocurrir una falla frágil.

10.5.2.6 En el caso de instalaciones petroleras y petroquímicas PDVSA debe especificar el espesor de corrosión que debe ser añadido a las dimensiones del anclaje. El anclaje definitivo, incluyendo el espesor de corrosión debe ser usado para determinar las cargas de diseño de los componentes del sistema de anclaje y de la fundación.

10.6 Esfuerzo circunferencial neto

10.6.1 El esfuerzo máximo de tracción, a lo largo de la circunferencia del anillo inferior, se determina superponiendo el esfuerzo hidrostático con el hidrodinámico debido a las componentes sísmicas horizontales y verticales.

$$\sigma = \frac{\gamma_1 H_L r}{10 t_c} + \left[(\sigma_{\theta h})^2 + (\sigma_{\theta v})^2 \right]^{1/2}$$

donde:

σ es el esfuerzo máximo de tracción, en kg/cm²;

t_c es el espesor del anillo inferior de la pared en mm;

$\sigma_{\theta h}$ es el esfuerzo producido por la componente horizontal del sismo (párrafo 8.1.3), en kg/cm²;

$\sigma_{\theta v}$ es el esfuerzo producido por la componente vertical del sismo (párrafo 8.2), en kg/cm².

10.6.2 El esfuerzo máximo de tracción σ no debe exceder el esfuerzo admisible del material dado en el párrafo 3.6.2 de la norma API 650, multiplicado por 1,33.

10.7 Tuberías

Todas las tuberías unidas a la pared o al fondo del tanque, deben poseer flexibilidad en la dirección vertical. En el caso de tuberías ubicadas en la porción superior del tanque, se les debe permitir flexibilidad también en dirección horizontal. En el caso de tanques no anclados que puedan levantarse, las tuberías conectadas al tanque deben tener la capacidad de levantarse junto con el mismo, o deben colocarse de forma tal que la distancia horizontal medida desde la pared hasta el final del elemento de conexión sea igual al ancho calculado en el párrafo 10.1 más 30 cm.

11 CONSIDERACIONES ADICIONALES

11.1 Los tanques con techo fijo deben ser diseñados para prevenir los daños que puedan causar las presiones ejercidas por las oscilaciones en la superficie del líquido ó, alternativamente, mantener una distancia libre entre la superficie del líquido y el techo igual a la altura máxima de oscilación del líquido determinada en el capítulo 9 de esta Norma Venezolana. Los tanques con techo flotante o los que no tengan techo y en los cuales no se pueda aceptar el derrame de su contenido, deben diseñarse con el mismo criterio.

11.2 Las bases de las columnas que soportan el techo deben ser diseñadas para resistir los efectos del movimiento lateral durante sismos. Las columnas deben ser diseñadas tomando en consideración las fuerzas que induce el movimiento oscilatorio (de la superficie) del líquido.

11.3 En el diseño de la fundación, se deben considerar las solicitaciones adicionales en la pared, debidas a la acción sísmica.

11.4 Una alternativa válida de diseño de los anclajes en tanques consiste en el uso de anclajes dúctiles que trabajen en el rango inelástico. En este caso, la resistencia requerida en los anclajes según el párrafo 10.5.1, se puede dividir por 1,5. Cuando se aplique este criterio de diseño, no aplica el párrafo 10.5.2.3 de la presente Norma Venezolana.

11.5 Los anclajes que se requieran para resistir la acción sísmica, deben ser evaluados también para los casos de diseño donde se requieran por la acción del viento. Se tomará la condición más desfavorable.

BIBLIOGRAFÍA

- PDVSA N° FJ-251 Diseño sismorresistente de tanques metálicos. 2^{da}. Revisión, 1999. Manual de Ingeniería de Diseño, Volumen 18, Especificaciones de Ingeniería. Petróleos de Venezuela, S.A.

ANEXO A

COMENTARIOS

A.1 GENERAL

A.1.1 Alcance

Esta Norma se refiere a tanques metálicos de pared delgada que se apoyan a nivel del terreno. En el caso de tanques elevados, apoyados sobre una estructura de soporte, se debe consultar la Norma Venezolana COVENIN 3622, siempre que se puedan despreciar los efectos hidrodinámicos.

A.1.2 Referencias

Adicionalmente a las referencias citadas en el capítulo 2 de esta Norma Venezolana, para una discusión de los fundamentos del diseño sísmico de tanques se pueden consultar las referencias indicadas en la Sección A.10.

A.2 Movimientos sísmicos de diseño

Para la determinación de los movimientos sísmicos de diseño siguiendo la Norma Venezolana COVENIN 3621, es preciso establecer el Grado de Riesgo (Tabla 1 de la misma). Dado que el contenido de los tanques es un factor a considerar al seleccionar el Grado de Riesgo, se retiene aquí la de inflamabilidad según PDVSA IR-S-00 "Definiciones" del Manual de Ingeniería de Riesgos:

Líquidos de poca inflamabilidad	Clase III
Líquidos de mediana inflamabilidad	Clase II
Líquidos de alta inflamabilidad	Clase I

En el citado Manual de Ingeniería de Riesgos de PDVSA, se define la clase a la cual pertenece el líquido en función de su punto de inflamación, punto de ebullición y presión de vapor absoluta; una síntesis de esos valores se presenta en la Tabla A1.

Tabla A.1 - Clasificación de líquidos

Designación	Clase	P_i Punto de inflamación (°C)	P_e Punto de ebullición (°C)
Líquidos inflamables Definidos por $P_i < 38^\circ$ y una presión de vapor absoluta ≤ 40 psi a 38°C	IA	$P_i < 23^\circ$	$P_e < 38^\circ$
	IB	$P_i < 23^\circ$	$P_e \geq 38^\circ$
	IC	$23^\circ \leq P_i \leq 38^\circ$	-
Líquidos combustibles Definidos por $P_i \geq 38^\circ$	II	$38^\circ \leq P_i \leq 60^\circ$	-
	III A	$60^\circ < P_i \leq 93^\circ$	-
	III B	$P_i \geq 93^\circ$	-

Nota 1. Punto de inflamación: Temperatura mínima a la cual un líquido desprende vapores en concentración suficiente para formar con el aire una mezcla inflamable, cerca de la superficie del líquido.

A los tanques que contienen agua contra incendio se les debe asignar la probabilidad de excedencia anual (P_1) más pequeña de las asignadas a los tanques que conforman el patio, dada la necesidad de que se mantengan en operación normal en caso de ocurrencia de sismos severos.

A título de *ejemplo*:

Sea un tanque axisimétrico a ser construido en una zona del país que está caracterizada por los siguientes valores de a^* y γ , tomados de las Figuras 1 y 2 de la Norma Venezolana COVENIN 3621:

$$a^* = 64$$

$$\gamma = 3,9$$

Dado que se trata de un tanque que contiene agua y que clasifica como Grado de Riesgo A (Tabla 1 de COVENIN 3621), se obtienen los siguientes valores:

$$P_1 = 0,002$$

$$a = 315 \text{ cm/s}^2$$

Los coeficientes dados en la Tabla 1 de esta Norma Venezolana, son amortiguamientos equivalentes que incluyen las diversas formas de disipación de energía que posee el sistema tanque-líquido-suelo, tales como: amortiguamiento propio de los materiales, energía por radiación, y energía que se disipa debido a los pequeños levantamientos de tanques no anclados.

Si en el diseño de los pernos de anclaje, para resistir los momentos de volcamiento, se aseguran incursiones inelásticas (véase sección 11.4 de esta Norma), los valores del coeficiente de amortiguamiento equivalente se pueden incrementar tal como se indica en las notas (a) y (b) de la Tabla 1.

No se permiten reducciones en el espectro elástico por efectos de la ductilidad. El factor de amortiguamiento equivalente definido en la Tabla 1, incorpora la disipación de energía que puede ocurrir debido a los efectos no-lineales asociados al levantamiento del tanque y a las deformaciones inelásticas de las planchas en el caso de tanques no anclados.

Por ejemplo, para el tanque de agua citado al inicio de esta sección se obtuvo $a = 315 \text{ cm/s}^2$. Suponiendo que está ubicado sobre un suelo con forma espectral tipificada Tipo S2 (véanse Tablas 2 y 3 de la Norma Venezolana COVENIN 3621) se tiene:

$$\beta = 2,60$$

$$T^o = 0,20 \text{ s}$$

$$T^* = 0,80 \text{ s}$$

Si el tanque no es anclado se tienen los siguientes valores del factor de amplificación espectral β^* [Ecuación (5) de la Norma Venezolana COVENIN 3621]:

- Efectos impulsivos, sismo horizontal: $\beta^* = 2,02$
- Efectos impulsivos, sismo vertical: $\beta^* = 2,60$
- Efectos convectivos: $\beta^* = 4,52$

Los espectros de diseño resultantes se presentan en las Figuras. A.1 y A.2.

Si se trata de un tanque anclado, en donde los anclajes se diseñan para que trabajen inelásticamente, se tiene:

- Efectos impulsivos, sismo horizontal: $\beta^* = 2,60$
- Efectos impulsivos, sismo vertical: $\beta^* = 2,60$

Efectos convectivos:

$$\beta^* = 4,52$$

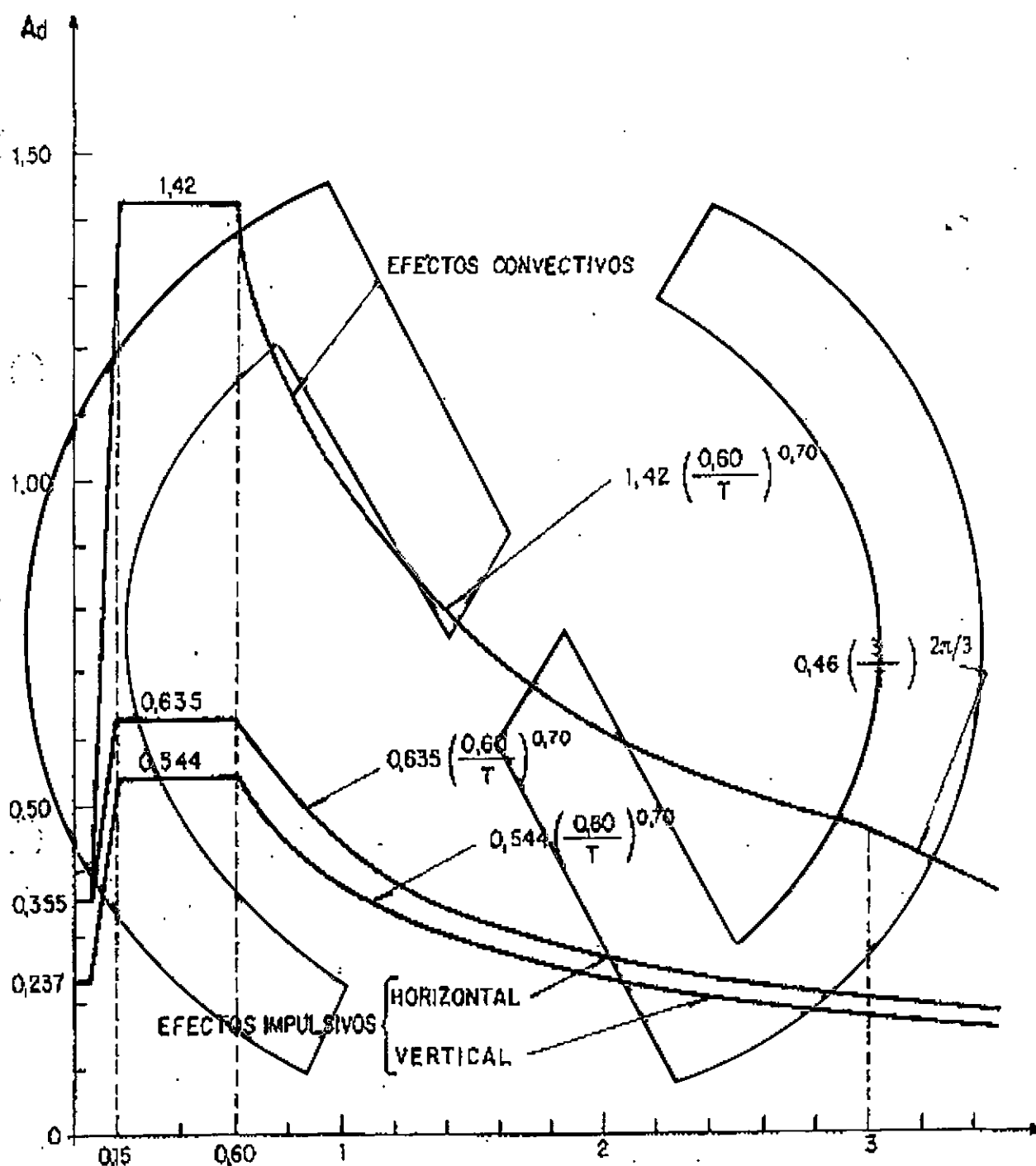


Figura A.1 – Espectro de diseño para tanque no anclado de almacenamiento de agua

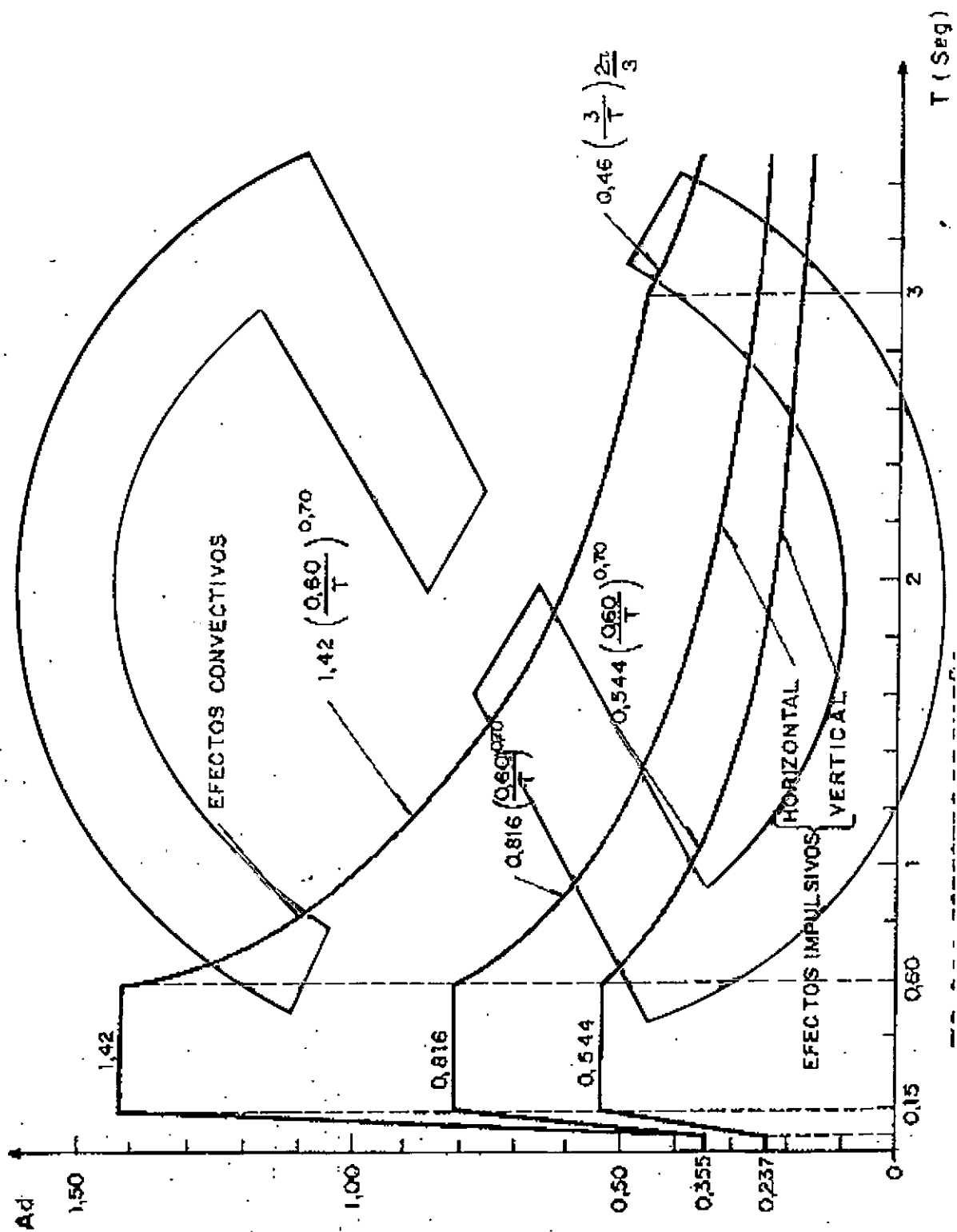


Figura A.2 – Espectro de diseño para tanques anclados de almacenamiento de agua

A.3 Combinación de acciones

Debido a que generalmente se cumple la condición de simetría axial de los tanques, las componentes horizontales del movimiento, ambas de igual intensidad, producen esfuerzos de igual magnitud. Los efectos de la acción simultánea de estas componentes sísmicas han sido considerados implícitamente en las fórmulas para el cálculo de los esfuerzos.

Si no se cumple la condición de simetría axial, la combinación para determinar las solicitaciones sísmicas de diseño, puede llevarse a cabo empleando alguno de los criterios establecidos en el capítulo 11 de la Norma Venezolana COVENIN 3621.

Asimismo, los efectos hidrodinámicos de la componente vertical del sismo se han incorporado como un incremento en la presión hidrostática que actúa sobre las paredes del tanque (véase la sección 8.2 de esta Norma).

A.4 MODELO MATEMÁTICO

A.4.1 Procedimiento

El método propuesto está basado en los estudios descritos en la Referencia 1. Un modelo más refinado se encuentra en las Referencias 3 y 4.

En la Figura A.3 se presenta el modelo simplificado que se utiliza para determinar las fuerzas en la base del tanque, resultantes de los efectos hidrodinámicos producidos por la componente sísmica horizontal. El peso W_1 que representa los efectos impulsivos se encuentra rigidamente unido a las paredes del tanque, a una altura X_1 de su base. El peso W_2 que representa los efectos convectivos, se encuentra a una altura X_2 y se une al tanque mediante resortes equivalentes. Los valores W_p y W_{te} son pesos de las paredes y del techo, respectivamente X_p y X_{te} son las alturas de los centros de gravedad de W_p y W_{te} .

En relación al peso de techos fijos, a los efectos del cálculo de cortantes en las paredes del tanque (véase sección 8.1.1) se debe tomar el peso total del techo W_{te} , ya que, en general, la rigidez lateral de las columnas de soporte se considera mucho menor que la rigidez de las paredes del tanque. La contribución del peso del techo fijo sobre las paredes del tanque en la dirección de la gravedad, debe calcularse en función del sistema de apoyo.

En ausencia de información, en la Tabla A.2 se dan valores de referencia basados en estructuraciones típicas de apoyos de techos fijos.

Tabla A.2 - Porcentaje del peso del techo que gravita sobre las paredes del tanque (concha)

Diámetro d (m)	Peso del tanque sobre la concha (%)
≤ 4	100
$4 < d \leq 13$	75
$13 < d \leq 20$	45
$20 < d \leq 30$	30
$d > 30$	25

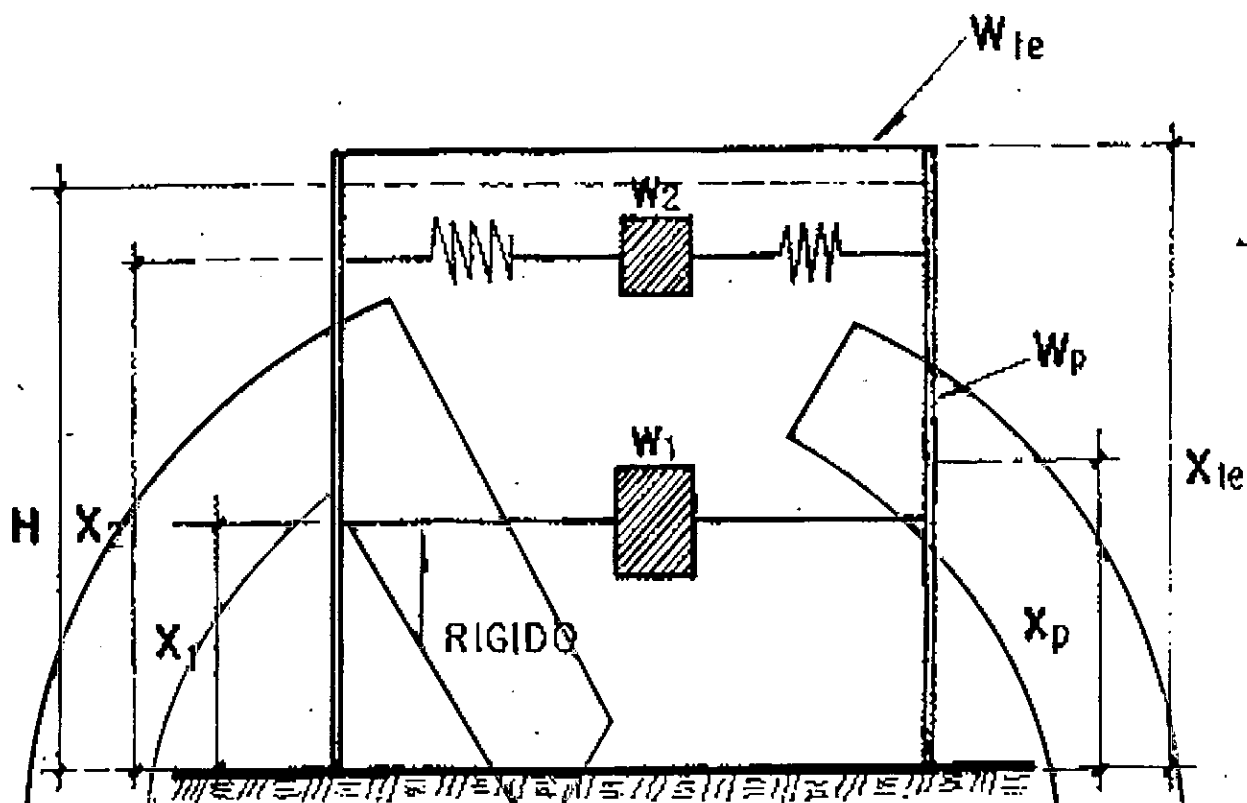


Figura A.3 – Modelo para sismo horizontal

A.4.2 Pesos efectivos

Las curvas mostradas en las Figuras 1 y 2 son las mismas incluidas en la norma API 650, Apéndice E.

Por ejemplo, para un tanque lleno de agua contra incendio con una altura de líquido (H_L) igual a 10,20 m y radio nominal de 5,73 m, se tiene un cociente d/H_L igual a 1,12 y un peso total del líquido $W = 1.052.008$ kg. Con los valores de la Figura 1, se obtiene:

$$W_1 = 799.602 \text{ kg}$$

$$W_2 = 273.548 \text{ kg}$$

Obsérvese que $W_1 + W_2$ no es necesariamente igual a W .

A.4.3 Alturas efectivas

Las alturas efectivas (véase Figura 2) ilustradas en la Figura A.3 permiten el cálculo de los momentos hidrodinámicos que genera la componente sísmica horizontal en la base del tanque.

Para el ejemplo de la sección anterior, con los valores de la Figura 2 se obtienen las siguientes alturas de los pesos efectivos W_1 y W_2 :

$$X_1 = 3,98 \text{ m}$$

$$X_2 = 7,34 \text{ m}$$

Para efectos del cálculo de los momentos que actúan sobre la fundación, los momentos en la base del tanque inducidos por la presión hidrodinámica actuante en las paredes del tanque, deben ser incrementados a fin de incorporar las presiones hidrodinámicas en el fondo del tanque (véase Referencia 4). Ello se puede calcular

modificando las alturas efectivas X_1 y X_2 . En la Figura A.4 se presentan las alturas efectivas modificadas X'_1 y X'_2 para incorporar estos efectos

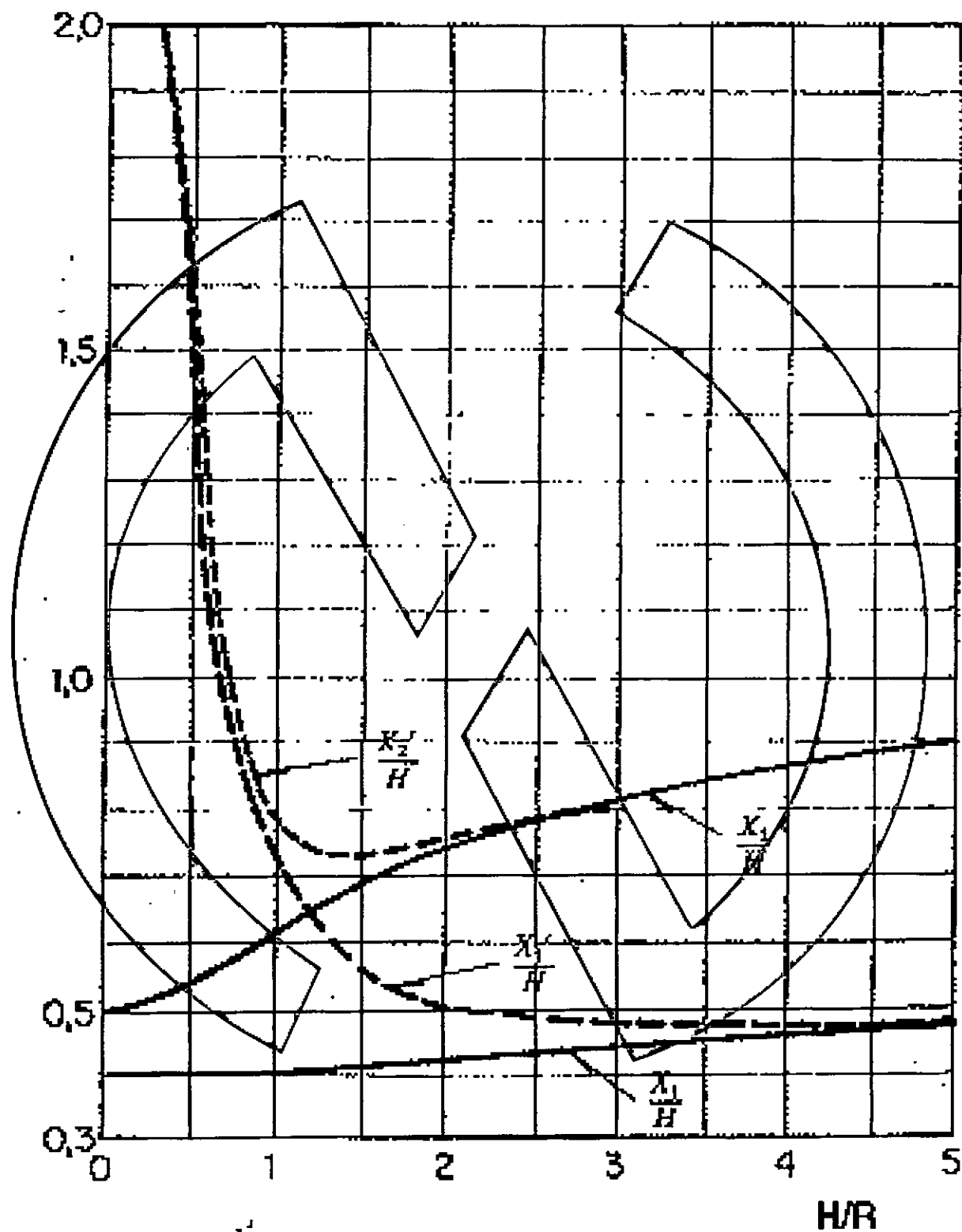


Figura A.4 – Alturas equivalentes para determinar los momentos en la base del tanque (X_1 y X_2) y la fundación (X'_1 y X'_2)

A.5 PERÍODOS DE VIBRACIÓN

Los periodos de vibración T_1 y T_2 , corresponden a los primeros modos asociados a los efectos impulsivos y convectivos de las vibraciones en dirección horizontal del sistema tanque-líquido, respectivamente. En el uso de las fórmulas dadas se deben respetar las unidades indicadas.

El periodo T_v corresponde al primer modo vertical del sistema tanque-líquido. Al igual que la fórmula dada para el periodo T_1 , ambas han sido obtenidas para tanques con paredes de espesor constante. Por ello, el valor t_m debe ser tomado como el espesor promedio entre los diferentes espesores de las láminas verticales que constituyen el tanque.

Adicionalmente, en la derivación de las fórmulas para T_1 y T_v se ha supuesto un módulo de Poisson igual a 0,3 y se ha ignorado el peso del techo y de las paredes del tanque (véanse Referencias 4 y 8). En la Referencia 4 se describe un procedimiento para incluir el efecto del peso del techo cuando éste sea importante.

En el cálculo de los periodos propios del sistema se ha despreciado el efecto que tiene la interacción suelo-estructura. En términos generales la interacción entre el valor de estos periodos. Este efecto es más pronunciado en el caso de tanques apoyados sobre suelos blandos, similares a los clasificados como tipo S_3 y S_4 . En estas condiciones pudiese esperarse un aumento significativo del periodo fundamental lo que, en el caso particular de tanques de periodo muy corto, acarrearía un aumento en las fuerzas sísmicas. En estos casos, se pueden incorporar los efectos de interacción suelo-estructura siguiendo los métodos descritos en las Referencias 4 y 10.

La interacción suelo-estructura también produce un aumento en el amortiguamiento equivalente del sistema tanque-líquido-suelo; este efecto ha sido incorporado en la asignación de los valores dados en la Tabla 1 de esta Norma Venezolana.

Para el ejemplo de la sección anterior, aplicando las fórmulas dadas en el capítulo 7, se obtienen los siguientes valores para los periodos propios del sistema:

$$T_1 = 0,147 \text{ s}$$

$$T_2 = 3,545 \text{ s}$$

$$T_v = 0,179 \text{ s}$$

A.6 FUERZAS EN LA BASE DEL TANQUE

A.6.1 Componente sísmica horizontal

Las fuerzas resultantes en la base del tanque se obtienen combinando las fuerzas impulsivas y convectivas. Dado que estas fuerzas están asociadas a dos (2) modos de vibración diferentes, el modo impulsivo y el modo convectivo, que tienen sus periodos bien separados, la fuerza máxima probable está dada por (el método del valor máximo probable) la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las fuerzas individuales.

Las fuerzas en el modo impulsivo se determinan siguiendo el procedimiento sugerido en la Referencia 4 que consiste en utilizar la aceleración espectral asociada al primer modo impulsivo que considera la deformabilidad de las paredes del tanque. Un procedimiento más refinado se puede encontrar en las Referencias 3 y 10.

El esfuerzo circunferencial máximo en el anillo inferior de la pared, $\sigma_{\theta h}$, también denominado esfuerzo de anillo, se obtiene suponiendo que la presión hidrostática sobre la pared del tanque está distribuida uniformemente en su altura (véase Referencia 4).

Este esfuerzo se superpone luego a los esfuerzos debidos a la presión hidrostática y a la componente vertical del sismo (véase 10.6).

A.6.2 Componente sísmica vertical

El efecto de la componente vertical del sismo es introducir esfuerzos circunferenciales, adicionales a los ejercidos por la presión hidrostática y la componente horizontal del sismo.

A.6.3 Fuerzas para el diseño de la fundación

Entre las fuerzas inerciales a considerar se deben analizar los posibles efectos de elementos del tanque como: plancha de fondo, anillo y eventual losa de fundación, así como todas las masas que están por encima del nivel considerado como empotramiento.

Para la evaluación de los efectos hidrodinámicos véanse los comentarios A.4.3.

A.7 ALTURA MÁXIMA DE OSCILACIÓN DEL LÍQUIDO

La fórmula para determinar la altura máxima de oscilación del líquido describe la contribución fundamental que tiene el primer modo convectivo en la amplitud de los desplazamientos del líquido. En dicha expresión, se ha incluido un ligero incremento para incorporar el efecto de modos superiores.

La altura máxima de oscilación está referida a la posición de equilibrio estático del líquido.

A.8 DISEÑO

Esta Norma Venezolana retiene la metodología de diseño y/o verificación de la seguridad, establecida en la versión vigente de API 650, Apéndice E. Dado que está fundamentada en esfuerzos admisibles, es preciso reducir las solicitaciones sísmicas.

Las fórmulas dadas en esta sección corresponden al procedimiento de diseño establecido en el API 650, Apéndice E, las cuales se fundamentan en los trabajos citados en la Referencia 13. Las fórmulas de esta sección utilizan variables con las unidades especificadas, y por tanto deben ser respetadas en el cálculo.

En caso de que se empleen métodos basados en resistencias últimas, las solicitaciones sísmicas no requieren minoración.

A.8.1 Tanques no anclados

En el caso de tanques existentes una alternativa a ser considerada cuando el tanque resulte estructuralmente inestable, es reducir la altura máxima del líquido en operación (H_L).

A.8.2 Anclaje de tanques

Para determinar los esfuerzos que se inducen en la pared, en las zonas de conexión de los anclajes, se puede consultar la Referencia 14.

A.8.3 Esfuerzo circunferencial neto

El esfuerzo neto de tracción en dirección circunferencial, inducido por la presión hidrostática, se añade al valor máximo probable obtenido de considerar la acción simultánea de sismo horizontal y vertical.

El esfuerzo neto así calculado no debe exceder el esfuerzo admisible del material multiplicado por 1,33.

A.9 CONSIDERACIONES ADICIONALES

A.9.1 En el caso de los techos flotantes, se debe incorporar el peso de la viga perimetral de refuerzo contra viento que carga sobre las paredes. El peso del techo flotante no carga directamente sobre las paredes sino más bien se traduce en un aumento en la altura del líquido.

A.9.2 En el caso específico de los anclajes de tanques, es deseable permitir incursiones moderadas de deformaciones en el rango inelástico a fin de disipar energía y reducir las solicitaciones sísmicas. Por esta razón se permiten las opciones (a) y (b) de la Tabla 1 que, al elevar el amortiguamiento, reduce las fuerzas de diseño.

Las solicitaciones sísmicas de diseño que provienen del análisis elástico, se pueden reducir en el caso particular de la fuerza de tracción en los anclajes. Se permite un factor de reducción de 1,5 el cual reconoce la capacidad dúctil de los mismos.

A.9.3 En aquellos tanques donde también sean necesarios anclajes para resistir la acción del viento, se debe evaluar y comparar los requerimientos del sismo y viento. En caso de que la acción del viento requiera anclajes de mayor diámetro que la acción del sismo, se debe verificar que el aumento en el diámetro no ocasione situaciones desfavorables en el diseño del anillo inferior.

A.10 REFERENCIAS

1. Housner, G.W. "Dynamic Pressures on Accelerated Fluid Containers", Boletín Soc., Sim. de América, Vol. 47, 1951, pp. 313-346.
2. Jacobsen, L.S. "Impulsive Hydrodynamic of Fluids Inside a Cylindrical Tank and of a Fluid Surrounding Cylindrical-Pier", Boletín, Soc. Sim. de América, Vol.39, 1949, pp. 189-204.
3. Haroun, M.A., and Housner, G.W. "Procedure for Seismic Design of Liquid Storage Tanks". EERL 80-5, Earthquake Engineering Research Laboratory Report. California Institute of Technology, Pasadena, Calif., Oct. 1980.
4. Veletsos, A.S. "Seismic Response and Design of Liquid Storage Tanks" publicado en Guidelines for Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems", ASCE, 1984, New York.
5. Veletsos, A.S. and Yu Tang, "Interaction Effects in Vertically Excited Steel Tanks", Proceedings of the Third conference of Dynamic Response of Structures", ASCE Marzo 1986, California, U.S.A.
6. Veletsos, A.S. and Yu Tang "Dynamic of Vertically Excited Liquid Storage Tanks", Proceedings of the Third Conference of Dynamic Response of Structures", ASCE, Marzo 1986, California U.S.A.
7. Yang, J.Y. "Dynamic Behavior of Fluid-Tank Systems". Ph.D. Thesis, Rice University, Houston, Texas, 1976.
8. Haroun, M.A. and Housner, G.W. "Seismic Design of Liquid Storage Tanks". Journal of the Technical Councils of ASCE. Abril 1981, pp- 191-207.
9. Tedesco, J.W., Kostem S.N. and Hahn S. "Free Vibration Analysis of Cylindrical Liquid Storage Tanks", Computers & Structures. Vol. 26, No. 6, pp. 957-964, 1987.
10. Priestley, M. (Editor) "Seismic Design of Storage Tanks", New Zealand National Society of Earthquake Engineering, New Zealand, December, 1986.
11. Haroun, M.A. "Dynamic Analysis of Liquid Storage Tanks", EERL 80-4, Earthquake Eng. Research Laboratory Report, California Institute of Technology, Pasadena, California, U.S.A., 1980.
12. Veletsos, A.S. and V.V.D. Nair, "Seismic Interaction of Structures on Hysteretic Foundations", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 101, No. STL pp. 109-129, 1975.
13. Wozniak R.S. and W.W. Mitchell 1978. Basics for Seismic Design Provisions for Welded Oil Storage Tanks. Proceedings Refining Department. 43rd Midyear meeting, Canada, Vol.57.
14. American Iron and Steel Institute, Part VII "Anchor Bolt Chairs", Steel Plate Engineering Data, Vol. 2, Useful Information on the Design of the Plate Structures. AISI, Washington D.C.

ANEXO B (Informativo)

B GUÍA PARA LAS CONSULTAS TÉCNICAS A LA COMISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DEL MINDUR

B.1 INTRODUCCIÓN

La comisión de normas Técnicas del MINDUR ha acordado que todas las interpretaciones oficiales de sus normas se tratarán de la misma manera formal. A tales efectos, todas las consultas deberán dirigirse por escrito a la sede de la Comisión.

Las consultas se tramitarán lo más pronto posible, pero debido a la complejidad del trabajo y a los procedimientos que han de seguirse, algunas interpretaciones y respuestas pueden consumir un tiempo considerable. La Comisión no responderá a las consultas planteadas telefónicamente ni a las que omitan las pautas siguientes.

B.2 RESPONSABILIDADES DE LA COMISIÓN

Las actividades de la comisión en lo que respecta a las interpretaciones oficiales de las normas que le competen, están estrictamente limitadas a interpretar los requisitos de sus normas o a considerar revisiones de las disposiciones existentes que se fundamenten en nuevos datos o tecnologías. Ni la comisión ni sus miembros están autorizados para ofrecer interpretaciones o servicios de consultoría sobre problemas particulares de una obra de ingeniería ni requisitos de las normas que se apliquen a la fabricación que no estén comprendidos en las mismas o asuntos no cubiertos específicamente por sus normas. En tales casos, el interpellador deberá buscar asistencia de un ingeniero experimentado en el campo particular de interés cuestionado.

B.3 PROCEDIMIENTO

B.3.1 Datos del destinatario y del remitente

Todas las consultas tienen que ser por escrito y dirigirse a la Comisión de Normas Técnicas, cuya dirección es:

Comisión de Normas Técnicas, Ministerio de Infraestructura, Dirección de Proyectos, Torre Oeste, Piso 48, Av. Lecuna, Parque Central, Caracas 1015. Teléfonos (02) 576.4322; 571.1222 ext. 9551; Fax: (02) 575.4268.

Las consultas deben contener el nombre o nombres de los solicitantes, profesión, el organismo que representa, cuando sea pertinente, su dirección, teléfonos, telefaxes, correo electrónico, así como la suficiente información como para que la Comisión pueda entender cabalmente el asunto consultado. Para facilitar la organización y agilizar la tramitación es muy importante aislar cada problema, anexando toda la documentación pertinente, de forma que cada asunto deba ser consultado separadamente. Cuando el asunto consultado no esté definido claramente, o cuando se presenten cuestionamientos mezclados, la consulta será devuelta para ser aclarada.

A fin de lograr un procesamiento eficiente, todas las consultas deben ser presentadas en el orden y formato que se describe a continuación:

1 Alcance

Cada consulta se enfocará a una sola disposición de la norma, a menos que el asunto en cuestión relacione dos o más documentos. En el alcance de la pregunta se comenzará identificando la Norma Venezolana COVENIN-MINDUR, su año de edición y cuál(es) de sus artículos, secciones, subsecciones, abarca(n) el asunto consultado.

2 Objeto de la consulta

En la cual se manifestará claramente si se trata de obtener una interpretación de los requisitos normativos o de solicitar la revisión de una disposición particular fundamentada en nuevos criterios, datos o tecnologías.

3 Contenido de la consulta

La consulta debe ser concisa pero completa, a fin de permitir que la Comisión comprenda rápida y cabalmente el asunto en cuestión. Cuando sea apropiado, se usarán dibujos y croquis, y han de citarse, con sus datos identificadores, todos los párrafos, figuras y tablas pertinentes a la consulta. Si el asunto consultado tiene como propósito una revisión de la norma, deben anexarse las justificaciones y documentación técnica pertinente.

4 Solución sugerida

El interpellador, según sea el objeto de la consulta, debe redactar una proposición de solución sugerida, manifestando su interpretación de la disposiciones pertinentes al asunto cuestionado, o redactar el texto de la revisión propuesta.

B.4 INTERPRETACIÓN Y REVISIÓN DE LAS DISPOSICIONES NORMATIVAS

Las interpretaciones oficiales de las disposiciones de las Normas Venezolanas COVENIN-MINDUR, las efectuará la Comisión. El Presidente de la Comisión referirá la consulta a los miembros que tengan más experiencia sobre el tema. Una vez redactada la respuesta, esta será presentada a la Comisión en pleno para su revisión y aprobación. Luego de ser sancionada, el texto parará a ser una interpretación oficial, y la Secretaría de la Comisión enviará la respuesta a los solicitantes, a las dependencias involucradas y a FONDONORMA para su publicación.

B.5 PUBLICACIÓN DE LAS INTERPRETACIONES

Todas estas interpretaciones oficiales serán publicadas en el Boletín del Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, FONDONORMA, e incorporadas en la futura edición de la Norma Venezolana COVENIN-MINDUR correspondiente, así como en el Informe Anual de la Comisión.

ANEXO C
(Informativo)

C PUBLICACIONES DE LA COMISIÓN PERMANENTE DE NORMAS TÉCNICAS

C.1 Normas Venezolanas COVENIN-MINDUR

1618:1998	Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites
1753:1985	Estructuras de concreto armado para edificaciones. Análisis y diseño
1755:1982	Código de prácticas normalizadas para la fabricación y construcción de estructuras de acero
1756:1998	Edificaciones sismorresistentes
2000:1992	Sector construcción. Mediciones y codificación de partidas para estudio, proyectos y construcción. Parte II-A Edificaciones
2002:1988	Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones
2003:1987	Acciones del viento sobre las construcciones
2004:1998	Terminología de las Normas COVENIN-MINDUR de edificaciones
2738:1990	Proyecto, construcción y adaptación de edificaciones de uso público accesibles a personas con impedimentos físicos
3400:1998	Impermeabilización de edificaciones
3621:2000	Diseño sismorresistente de instalaciones industriales
3622:2000	Diseño sismorresistente de recipientes y estructuras
3623:2000	Diseño sismorresistente de tanques metálicos
3624:2000	Diseño sismorresistente de estructuras en aguas lacustres y someras.

C.2 Distribución y venta

Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, FONDONORMA
Torre Fondo Común, Final Av. Andrés Bello, Piso 12, Caracas,
Teléfono: (02) 575.41.11, ext.: 256 y 257; telefax: (02) 576.66.91;
E-mail: ventanorma@fondonorma.org.ve.

**COVENIN
3623:2000**

**CATEGORÍA
E**

FONDONORMA

Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12

Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12

CARACAS



publicación de:

FONDONORMA

I.C.S: 91.120.25

ISBN: 980-06-2543-7

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Protección sísmica, instalación industrial, diseño sismorresistente, tanque metálico, ingeniería civil, ingeniería sísmica, sismo.