

**EL RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE CALCULO SISMICO DE
TANQUES PARA VERIFICAR LAS DESCARGAS A LA
CIMENTACIÓN DE ACUERDO CON EL CFE 2008**

Contenido

A1.1 INTRODUCCION	4
A1.2. PELIGRO SISMICO DE MEXICO.....	5
A1.3. DISEÑO OPTIMO.....	6
A1.3.1. FACTOR IMPORTANCIA ESTRUCTURAL.....	7
A1.4. RESPUESTA DINAMICA DE TERRENO	7
A1.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO	7
A1.4.2. PROPIEDADES DINAMICAS DE SUELO	8
A1.4.3. PERIODO DOMINANTE Y VELOCIDAD EFECTIVA.....	9
A1.5. FACTORES DE SITIO.....	9
A1.5.1 FACTORES DE TERRENO ROCOSO	10
A1.5.1.1 ACELERACION MAXIMA DE TERRENO ROCOSO	10
A1.5.1.2 FACTOR DE DISTANCIA F_d	11
A1.5.2. FACTORES NO LINEALES DE SUELO	11
A1.5.2.1. FACTOR DE SITIO, F_s	11
A1.5.2.2. FACTOR DE RESPUESTA F_r	12
A1.5.....	12
A1.5.3.1. FACTOR DE NO LINEALIDAD, F_{nl}	13
A1.5.3.2 FACTOR DE VELOCIDAD F_v	14
A1.6. ESPECTROS DE DISEÑO.....	14
A1.6.1. ACELERACION MAXIMA DE TERRENO (a_0) TOMANDO EN CUENTA LA NOLINEALIDAD DE TERRENO.....	15
A1.6.2. ORENADA ESPECTRAL MAXIMA O COEFICIENTE DE DISEÑO (c) TOMANDO EN CUENTA LA NOLINEALIDAD DE TERRENO	15
A1.6.2. PERIODOS CARACTERÍSTICOS DEL ESPECTRO T_a y T_b	15
A1.6.4. CAIDA DE LA RAMA ESPECTRAL DESCENDENTE k	16
A1.6.5. FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO β	16
A1.6.6. ESPECTROS DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO (A) Y (A+).....	16
A1.6.7. ESPECTROS DE DISEÑO PARA ESTADO LIMITE DE SERVICIO.....	17
A1.6.8. ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTO (S_d)	17
A2.7. ACELEROGRAMAS REPRESENTATIVOS DEL PELIGRO SISMICO	18
A2.3.2. CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS.....	18
A2.3.2.1. INTRODUCCION	18
A2.3.2.2. CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS.....	18

A2.3.2.2. TIPOS DE ESTRUCTURACIONES DE DE LAS CONSTRUCCIONES.....	19
A2.3.2.4. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO.....	20
A2.3.2.5. FACTOR REDUCTOR POR DUCTILIDAD (Q').....	20
A2.3.8. ESTRUCTURAS TIPO 5, TANQUE SUPERFICIALES Y ELEVADOS	20
A2. 3.8.1. GENERALES	20
A2. 3.8.3. FACTOR DE REDUCCION POR SOBRESISTENCIA (R):.....	21
A2. 3.8.4. DEPOSITOS SUPERFICIALES:	21
A2.3.8.7. EFECTOS COMBINADOS DE LOS MOVIMIENTOS DEL TERRENO	26
A2.8.8. INTERACCION LIQUIDO-RECIPIENTE.....	26
A2.3.8.9. INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA	27

A1.1 INTRODUCCION

Los conceptos de la construcción de los espectros de respuesta sísmica para el diseño de las estructuras

- Los espectros de diseño varían en forma continua dentro del territorio de México.
- La construcción de los espectros de diseño se inicia con un parámetro relacionado con el peligro sísmico, que es la aceleración máxima en terreno rocoso, y se continúa con factores con que se toman en cuenta las condiciones del terreno.
- Las aceleraciones máximas en roca están asociadas a coeficientes de diseño que son óptimos para el estado límite de colapso de estructuras del Grupo B y corresponden a periodos de retorno que varían espacialmente en forma continua.
- Los espectros de diseño carecen de factores de reducción ajenos al peligro sísmico.
- Las ordenadas espectrales corresponden al 5% del amortiguamiento crítico estructural. Podrán modificarse cuando se justifique un valor de amortiguamiento diferente o se consideren efectos de interacción suelo-estructura.
- A periodo estructural largo, los espectros de desplazamiento que se derivan de los espectros de aceleración tienden a los desplazamientos máximos del terreno.
- Se suministran espectros de diseño para el estado límite de servicio que no están afectados por la no linealidad del suelo.
- Se proporcionan aceleraciones para tres niveles de importancia estructural: convencional (B), importante (A) y muy importante (A+) (sólo para zonas de alta sismicidad).

La construcción de un espectro de diseño sísmica se realizará con la siguiente secuencia:

- i. Se determinará la aceleración máxima en roca (a_0), localizando el sitio en el programa de computo PRODISIS e indicando la importancia estructural (estructuras del grupo B, A o A+).
- ii. Se obtendrá el factor de distancia relativa a las fuentes sísmicas.
- iii. Se caracterizará el terreno de cimentación mediante el periodo dominante del terreno y la velocidad de propagación de ondas de corte.
- iv. Se obtendrán los factores del sitio de comportamiento lineal. Estos son el factor de sitio y el factor de respuesta.
- v. Se obtendrán los factores del sitio de comportamiento no lineal. Estos son el factor no lineal y factor de velocidad.
- vi. Se calculará la aceleración máxima en el suelo con la aceleración máxima en roca y el factor de sitio y el factor no lineal.
- vii. Se calculará el coeficiente sísmico con la aceleración máxima del suelo y el factor de respuesta.
- viii. Se determinarán los límites de la meseta espectral con el periodo dominante del terreno y el factor de velocidad.
- ix. Se calculará el factor de amortiguamiento para valores diferentes a 5%.

Se procede con la construcción del espectro, que puede resultar de tres o cuatro ramas dependiendo del periodo dominante del terreno

PRODISIS PROPORCIONA => ACELERACION MAXIMA DEL TERRENO ROCOSO EN CUALQUIER PUNTO DE MEXICO,

LAS PARTES DE LA OBTENCION DEL ESPECTRO DE DISEÑO SISMICO:

1. a_0 ,DEL TERRENO ROCOSO,
2. a_0 , CORRESPONDE A COLAPSO ESTRUCTURAS TIPO (B).
3. NO SE INCLUYE REDUCCION.
4. LA RELACION DE AMORTIGUAMIENTO CRITICO = 5%
5. ESPECTRO PARA LOS LIMITES DE SERVICIO.
6. ACELERACIONES P/:
 - B = IMPORTANTE,
 - A = MUY IMPORTANTE,
 - A+ = ALTA SISMICIDAD

SECUENCIA DE LA OBTENCION DEL ESPECTRO DE DISEÑO SISMICO:

1. a_0 DEL PRODISIS & SE INCLUYE LA CONSIDERACION DEL GRUPO DE ESTRUCTURAS B, A, A+.
2. FACTOR DE LA DISTANCIA RELATIVA A LAS FUENTES SISMICOS.
3. T_s & V_s .
4. FACTORES DEL SITIO (COMPORTAMIENTO LINEAL):
 - FACTOR DEL SITIO,
 - FACTOR DE RESPUESTA.
5. FACTOR DEL SITIO NO LINEAL, FACTOR DE VELOCIDAD.
6. CALCULAR ACELERACION MAXIMA DEL SITIO.
 - $a_{max\ roca} \Rightarrow a_{max\ suelo}$,
 - factor de sitio,
 - factor no lineal.
7. COEFICIENTE SISMICO DE $a_{max-suelo}$, factor respuesta.
8. LIMITES DE LA MESETA ESPECTRAL CON EL T_s , FACTOR VELOCIDAD.
9. SE OBTIENE REL. AMORTIG. CRITICO SI ES DIFERENTE QUE 5%.
10. CONSTRUCCION DE ESPECTRO = 3 O 4 RAMAS.
 - $A=1.5B$

A1.2. PELIGRO SISMICO DE MEXICO

ENFOQUE PROBABILISTICO

PELIGRO SIS. = INTESIDADES SIS. EXCEDIDAS EN PERIODOS DE RETORNO ESPECIF.

A1.3. DISEÑO OPTIMO

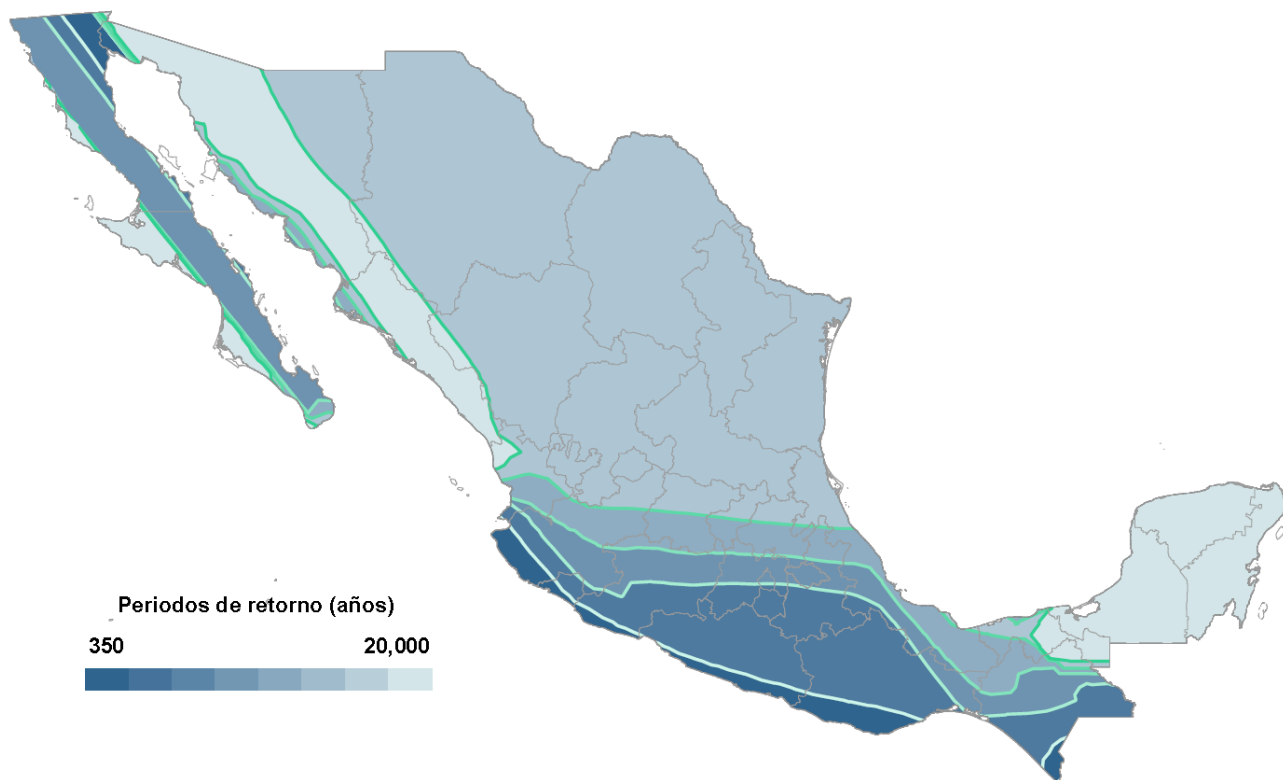


FIG. 1.1 = MAPA PERIODOS DE RETORNO EN MEX., 350 A 20,000 AÑOS

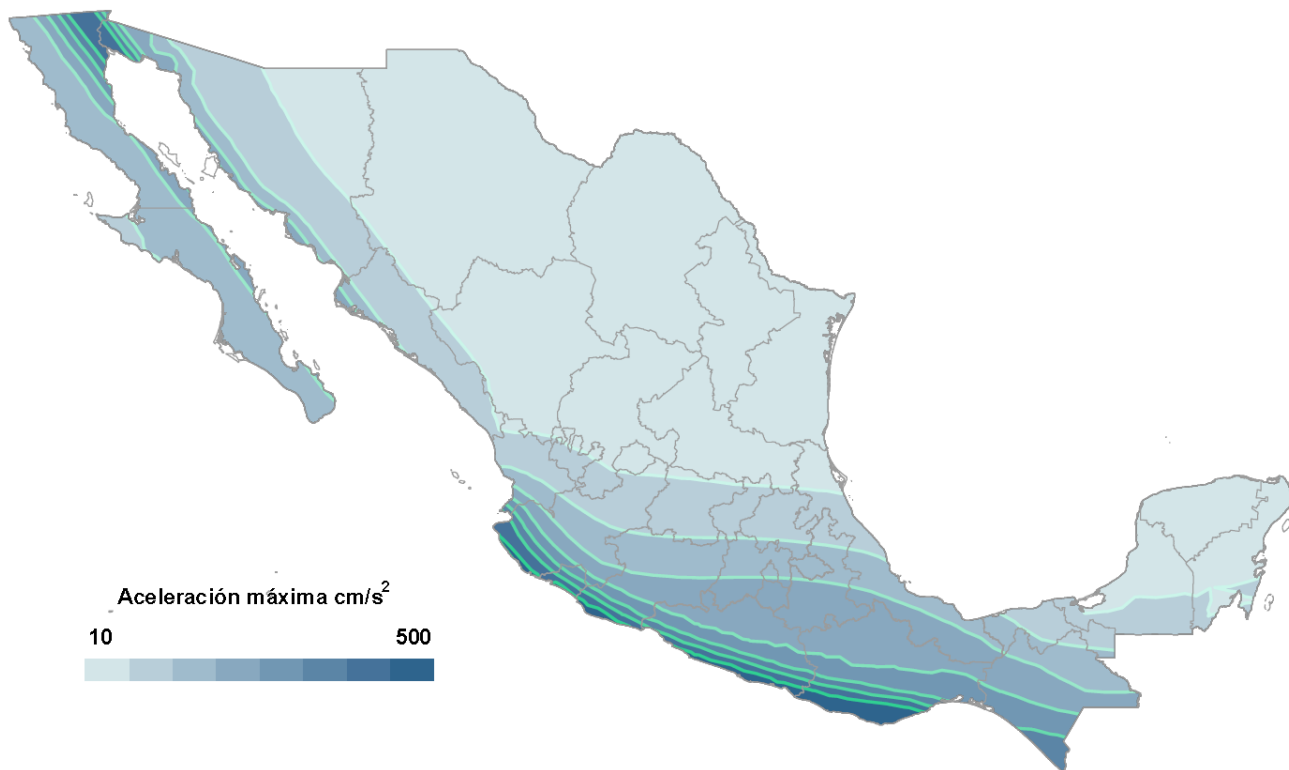


FIG. 1.2 = ACELERACION MAX. DE ROCA EN MEX., COREESP. CON FIG. 1.

A1.3.1. FACTOR IMPORTANCIA ESTRUCTURAL

ORDENADAS ESPECTRALES DE ESTRUCTURAS TIPO A = 1.5 DE ESTRUCTURAS TIPO B

ANALISIS OPTIMACION SIMILAR => COEF. ESTADOS LIMITE SERVICIO

COEF. ESTADOS LIMITE SERVICIO = [COEF. ESTADOS LIMITE FALLA (SIN NO LINEALIDAD SUBSUELO, SIN FACTOR IMPORTANCIA ESTRUCTURAL)]/5.5 (?)

A+ => 30,000 AÑOS (PERIODO RETORNO)

A1.4. RESPUESTA DINAMICA DE TERRENO

SOLO ESTRATOS HORIZONTALES

SE RESTITUYE EL PERFIL ESTRATIGRAFICO CON UN MANTO EQUIVALENTE HOMOGENEO, CON MISMO T_s Y v_s .

$$T_s = \frac{4H_s}{v_s}$$

H_s = espesor equivalente,

v_s = la velocidad de la onda por cortante, m/s,

ROCA BASAL REPRESENTA MEDIO DONDE => $v_s \geq 720m/s$

La amplificación dinámica en medios donde la ($v_s \geq 720m/s$) = es despreciable.

En la obtención del modelo se supone que el peso volumétrico de suelo ($\gamma_{s(suelo)}$) es igual al de la roca ($\gamma_{o(roca)}$), y que el factor de amortiguamiento crítico (ζ_s) es de 5%.

$$\gamma_{s(suelo)} = \gamma_{o(roca)}, \quad \zeta_s = 5\%$$

A1.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

TECNICAS APROXIMADAS: EXPR. (1.2) PAG. 12

SI $\rightarrow v_s \leq 180m/s$ => EXTENDER EXPLORACIÓN SUELO HASTA DONDE $v_s \geq 720m/s$ O 45.0m.

A1.4.2. PROPIEDADES DINAMICAS DE SUELO

PREFERIBLE: MEDICION DIRECTA EN EL SITIO (COMENTARIOS 3.1.5.2.1):

La forma más sencilla y práctica de idealizar un medio estratificado es mediante un estrato homogéneo. Para determinar los parámetros de este manto uniforme se determinará su periodo dominante haciendo uso de las velocidades de propagación de ondas de corte y el peso volumétrico de cada estrato. Con este periodo y el espesor del depósito se inferirá la velocidad de propagación equivalente a través del depósito. Si esta velocidad equivalente es menor que 180 m/s, es indispensable que la profundidad de exploración del subsuelo se efectúe hasta la roca basal, cuando la velocidad explorada sea mayor que 720 m/s, o al menos, hasta 45 m.

(Y COMENTARIOS 3.1.5.2.2)

El suelo se supondrá estratificado horizontalmente, y para cada estrato, se determinará el espesor h_i , la velocidad de propagación de ondas de corte v_i y el peso volumétrico γ_i . El subíndice i denota al i -ésimo estrato. Se recomienda tener presente las siguientes relaciones

$$\gamma_i = \rho_i g \quad (1.43)$$

$$G_i = \rho_i v_i^2 \quad (1.44)$$

$$H_s = \sum_{i=1}^N h_i \quad (1.45)$$

$$\gamma_s = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_i h_i}{H_s} \quad (1.46)$$

donde

- ρ_i es la densidad de masa del i -ésimo estrato
- G es el modulo de rigidez del i -ésimo estrato
- H_s es el espesor total del depósito estratificado o manto homogéneo equivalente
- γ_s es el peso volumétrico equivalente del manto homogéneo

Las propiedades dinámicas del suelo se deben obtener a partir de exploraciones de campo y ensayos de laboratorio. El uso de correlaciones empíricas es recomendable sólo cuando han sido obtenidas con información geotécnica del lugar. Solo se emplearán para estudios preliminares o para fines de comparación con los valores determinados experimentalmente.

PARA USO PRELIMINAR Y/O COMENTARIOS: USAR TABLA 1.1 ($v_s = f(SPT)$)

TIPO SUELO	SPT	$v_s \left(\frac{m}{s} \right)$	$\gamma_{s(suelo)} (t/m^3)$
ROCA	-	>720	2.0
SUELO FIRME Y DENSO	>50	360	1.8
SUELO MEDIO	15-50	180	1.5
SUELO BLANDO	<15	90	1.3

A1.4.3. PERIODO DOMINANTE Y VELOCIDAD EFECTIVA

$$T_s = \frac{4}{\sqrt{g}} \sqrt{\left(\sum_{n=1}^N \frac{h_n}{G_n} \right) \left(\sum_{n=1}^N \gamma_n h_n (w_n^2 + w_n w_{n-1} + w_{n-1}^2) \right)} \quad (1.2)$$

$$w_0 = 0 \text{ en roca basal}$$

$$w_N = 1 \text{ en estrato superficial} \quad (1.3)$$

$$w_n = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\gamma_i v_i^2}}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{\gamma_i v_i^2}} \quad (1.4)$$

$$v_s = \frac{4H_s}{T_s} \quad (1.5)$$

v_s = velocidad efectiva del depósito (m/s).

El cálculo del periodo fundamental de suelo publicado por el Dr. Leonardo Zevaert W., 1983, (exp.15-XII.3, p.514, Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions)

$$T_s = 4 \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{(v_s)_i} \quad (1.5.1)$$

ρ_n = DENSIDAD DE MASA DE SUELO, DEL ESTRATO $n = (\gamma_s/g) \{(t \cdot s^2)/m^4\}$

G_n = Módulo de rigidez en cortante del n -ésimo estrato, igual a v_s^2/ρ_n .

A1.5. FACTORES DE SITIO

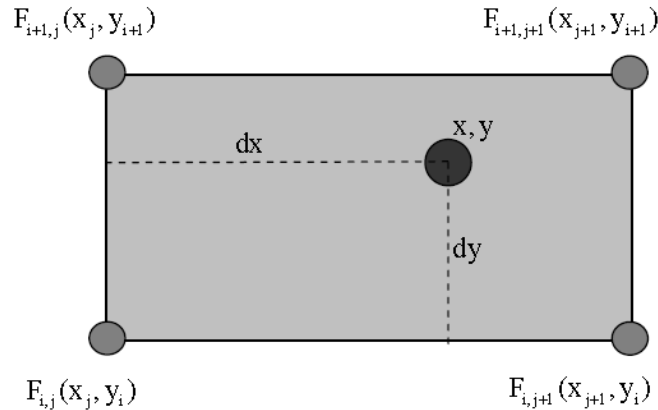
FACTORES TERRENO ROCOSO

FACTORES LINEALES DE SUELO

FACTORES NO LINEALES DE SUELO

SE MENCIONA ALGORITMO DE INTERPOLACION EN LA SECCION DE LOS
COMENTARIOS 3.1.9

Supóngase que es de interés determinar el valor en las coordenadas (x, y) localizadas entre los nodos dados por las coordenadas (x_j, y_i) , (x_{j+1}, y_i) , (x_j, y_{i+1}) y (x_{j+1}, y_{i+1}) , y cuyas ordenadas corresponden a los valores $F_{i,j}$, $F_{i,j+1}$, $F_{i+1,j}$ y $F_{i+1,j+1}$. Esta situación se ilustra en la figura 1.32, en que se indica la distancia relativa entre el punto de interés, con coordenadas (x, y) y el punto de referencia (x_j, y_i) , es decir dx y dy . De acuerdo con esto $x_j < x < x_{j+1}$ y $y_i < y < y_{i+1}$.



Esquema de interpolación lineal de la función $F(x,y)$.

Las distancias relativas se determinan con las ecuaciones:

$$dx = \frac{x - x_j}{x_{j+1} - x_j}$$

$$dy = \frac{y - y_i}{y_{i+1} - y_i}$$

en tanto que la función F evaluada en (x, y) , $F_{y,x}$, se determina mediante:

$$F_{y,x} = F_{i,j}(1 - dx)(1 - dy) + F_{i+1,j+1}dxdy + F_{i,j+1}dx(1 - dy) + F_{i+1,j}(1 - dx)dy$$

A1.5.1 FACTORES DE TERRENO ROCOSO

$a_0^r =$ ACELERACION MAXIMA DE TERRENO EN ROCA = $f(\text{COORDENADAS GEOGRAFICAS, } F_d)$

$F_d =$ MEDIDA DE LA DISTANCIA RELATIVA A LAS FUENTES DE TEMBLORES EN FUNCION DE LA INTENSIDAD SISMICA

A1.5.1.1 ACELERACION MAXIMA DE TERRENO ROCOSO

CON a_0^r INICIA LA CONSTRUCCION DE ESPECTRO DE DISEÑO.

SE DETERMINA CON USO DE PRODISIS.

SIMEPRE:

$$a_0^r \geq 0.02$$

A1.5.1.2 FACTOR DE DISTANCIA F_d

$$F_d = \frac{a_o^r}{a_{ref}^r}$$

Y

$$F_d \leq 1.0 \quad (1.6)$$

$a_{ref} = 400 \frac{cm}{s^2}$ = aceleración de referencia.

A1.5.2. FACTORES NO LINEALES DE SUELO

F_s = FACTOR DE SITIO

F_r = FACTOR DE RESPUESTA

FACTOR DE TERRENO ROCOSO

T_s = periodo dominante de subsuelo

p_s = CONTRASTE DE IMPEDANCIA

A1.5.2.1. FACTOR DE SITIO, F_s

$$F_s = \frac{a_o}{a_o^r} \quad (1.7)b$$

a_o = *aceleración máxima de suelo*

f_{sd} = función del periodo dominante del sitio y del factor de distancia

$$f_{sd} = T_s (F_d)^{0.5} \quad (p. 14)$$

p_s = el contraste de impedancia mecánicas entre el suelo y roca cuando $\gamma_s = \gamma_o$

$$p_s = \frac{v_s}{v_o} \quad (p. 14. a)$$

Si se conocen valores de γ_s y de γ_o , entonces:

$$p_s = \frac{\gamma_s v_s}{\gamma_o v_o} \quad (p. 14. b)$$

γ_s = ES EL PROMEDIO PESADO DE LOS PESOS VOLUMETRICOS DE LOS ESTRATOS, TOMANDO EN CUENTA EL ESPESOR DE CADA ESTRATO.

$$\gamma_s = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_s^i h_i}{\sum_{i=1}^N h_i}$$

TENIENDO LOS f_{sd} y p_s SE OBTIENE F_s DE LA SIGUIENTE TABLA (1.2):

ROCA: $F_s=1.0$

$P_s \backslash f_{sd}$	0.00	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00	3.00
1.000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.625	1.00	1.08	1.23	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00
0.250	1.00	1.18	1.98	1.60	1.40	1.12	1.00	1.00
0.125	1.00	1.20	2.64	2.01	1.69	1.32	1.00	1.00
0.000	1.00	1.22	4.51	3.17	2.38	1.75	1.19	1.00

TABLA 1.2 FACTORES F_s .

A1.5.2.2. FACTOR DE RESPUESTA F_r

$$F_r = \frac{c}{a_0} \quad (1.8)$$

a_0 =ACELERACION MAXIMA DE SUELO.

c =ACELERACION MAXIMA ESPECTRAL, DE LA CURVA CON CONSTANTE AMORTIGUAMIENTO.

ROCA: $F_r=2.5$ (p.14)

$P_s \backslash T_s$	0.00	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00	3.00
1.000	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
0.625	2.50	3.80	3.74	3.57	3.26	2.81	2.56	2.51
0.250	2.50	4.36	4.41	4.27	3.45	2.85	2.59	2.53
0.125	2.50	4.74	4.91	4.90	3.70	3.06	2.75	2.65
0.000	2.50	5.27	5.66	6.02	4.81	4.05	3.58	3.40

TABLA 1.3 FACTORES F_r .

A1.5.3. FACTORES DE COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE SUELO (MANTO HOMOGENEO)

SE MANIFIESTA CON DISMINUCION DE LA VELOCIDAD EFECTIVA DE ONDAS Y CON INCREMENTO DE AMORTIGUAMIENTO.

SE TOMA EN CUENTA:

- * REDUCCION DE LAS ORDENADAS DE ESPECTRO (POR AUMENTO DE AMORTIGUAMIENTO)
- * AJUSTE DE T_s (PERODI FUNDAMENTAL DE SUBSUELO)
- * T_s NO CAMBIA PARA DETERMINAR LOS F_s , F_r , F_{nl} (FACTOR DE NO LINEALIDAD), F_v (FACTOR DE VELOCIDAD).

A1.5.3.1. FACTOR DE NO LINEALIDAD, F_{nl} .

SE REDUCEN LAS ORDENADAS DEL ESPECTRO DE DISEÑO POR EL AUMENTO DE AMOPRTIGUAMIENTO POR EFECTOS DE LA NO LINEALIDAD.

PARAMETROS DE ENTRADA:

- T_s , PERIODO DOMINANTE DE SUBSUELO,
- P_s , CONTRASTE DE IMPEDANCIA,
- F_d , FACTOR DE DISTANCIA.

PROCEDIMIENTO:

VALORES DE F_d , p_s -> TABLA 1.4 -> SE OBTIENE F'_{nl} -> DE LA EXPRESION (1.9) SE DETERMINA F_{nl}

$p_s \backslash F_d$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00
1.000	1.00	0.97	0.93	0.90	0.86	0.83	0.75	0.71
0.625	1.00	0.95	0.91	0.89	0.85	0.82	0.71	0.68
0.250	1.00	0.93	0.87	0.82	0.77	0.73	0.63	0.56
0.125	1.00	0.92	0.84	0.75	0.67	0.64	0.58	0.53
0.000	1.00	0.90	0.78	0.66	0.58	0.54	0.53	0.50

TABLA 1.4 FACTORES F'_{nl} , PARA SUELOS GRANULARES

$T_{ref} = 1.5 \text{ seg} =$ PERIODO DE REFERENCIA

OBTENCION DE F_{nl} :

$$T_s \leq T_{ref} \rightarrow F_{nl} = 1 - \left(1 - \frac{T_s}{T_{ref}}\right)$$

$$T_s > T_{ref} \rightarrow F_{nl} = F'_{nl} \quad (1.9)$$

$p_s \backslash F_d$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00
1.000	1.00	0.98	0.95	0.91	0.87	0.85	0.79	0.75
0.625	1.00	0.97	0.94	0.93	0.90	0.88	0.81	0.79
0.250	1.00	0.96	0.93	0.91	0.87	0.85	0.77	0.74
0.125	1.00	0.94	0.85	0.76	0.70	0.67	0.61	0.56
0.000	1.00	0.82	0.63	0.46	0.36	0.32	0.31	0.28

TABLA 1.5 FACTORES F'_{nl} , PARA SUELOS ARCILLOSOS

A1.5.3.2 FACTOR DE VELOCIDAD F_v

CON EL FACTOR DE VELOCIDAD SE REDUCE LA VELOCIDAD EFECTIVA DEL MANTO DE SUELO, (v_s), A LA VELOCIDAD EQUIVALENTE, (v'_s).

$$v'_s = v_s \cdot F_v$$

$$T_s \leq T_{ref} \rightarrow F_v = 1 - \left((1 - F'_v) \frac{T_s}{T_{ref}} \right)$$

$$T_s > T_{ref} \rightarrow F_v = F'_v \quad (1.10)$$

$p_s \backslash F_d$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00
1.000	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95
0.625	1.00	0.98	0.97	0.93	0.90	0.89	0.89	0.89
0.250	1.00	0.97	0.93	0.86	0.81	0.71	0.79	0.79
0.125	1.00	0.97	0.92	0.85	0.80	0.78	0.78	0.78
0.000	1.00	0.97	0.92	0.85	0.80	0.78	0.78	0.78

TABLA 1.6 FACTORES F'_v , PARA SUELOS GRANULARES

$p_s \backslash F_d$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00
1.000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.625	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
0.250	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.93	0.93	0.93
0.125	1.00	0.98	0.95	0.90	0.86	0.84	0.84	0.84
0.000	1.00	0.95	0.88	0.77	0.69	0.67	0.66	0.66

TABLA 1.7 FACTORES F'_v , PARA SUELOS ARCILLOSOS

A1.6. ESPECTROS DE DISEÑO

HAY QUE TOMAR EN CUENTA:

- TIPO DE ESTRUCTURA
- IMPORTANCIA ESTRUCTURAL
- REDUCCION POR DUCTILIDAD
- REDUCCION POR SOBRESITENCIA

$a = S_a(T_e)/g$ = ordenada de espectro de aceleraciones para diseño sísmico, fracción de gravedad,

T_e = periodo estructural

T_a = límite inferior de la meseta del espectro de diseño,

T_b = límite superior de la meseta del espectro de diseño,

T_c = periodo de inicio de la rama descendente en el que los desplazamientos espectrales tienden al desplazamiento de suelo:

$$\begin{aligned} \text{si } T_b < 2s & \rightarrow T_c = 2s, \\ \text{si } T_b \geq 2s & \rightarrow T_c = T_b \end{aligned}$$

r define la caída de las ordenadas espectrales para $T_b \leq T_e \leq T_c$

$$r = T_s \quad \& \quad r \in \{0.5, 1.0\}$$

PARA TERRENO FIRME: $r = 0.5$

k = controla la caída de las ordenadas del espectro para $T_e \geq T_c$, cap. 3.1.6.4.

β = FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO,

ACELERACION ESPECTRAL (a):

$$T_e < T_a \rightarrow a = a_o + (\beta c - a_o) \frac{T_e}{T_a}$$

$$T_a \leq T_e < T_b \rightarrow a = \beta c$$

$$T_b \leq T_e < T_c \rightarrow a = \beta c \left(\frac{T_b}{T_e} \right)^r$$

$$T_e \geq T_c \rightarrow a = \beta c \left(\frac{T_b}{T_e} \right)^r \left[k + (1 - k) \left(\frac{T_c}{T_e} \right)^2 \right] \left(\frac{T_c}{T_e} \right)^2 \quad (1.12)$$

A1.6.1. ACELERACION MAXIMA DE TERRENO (a_o) TOMANDO EN CUENTA LA NOLINEALIDAD DE TERRENO

$$a_o = \frac{F_s F_{nl} a_o^r}{981.0} \quad (1.13)$$

Con

$$F_s F_{nl} \geq 1.0$$

A1.6.2. ORDENADA ESPECTRAL MAXIMA O COEFICIENTE DE DISEÑO (c) TOMANDO EN CUENTA LA NOLINEALIDAD DE TERRENO

$$c = F_r a_o \quad (1.13)$$

A1.6.2. PERIODOS CARACTERÍSTICOS DEL ESPECTRO T_a y T_b

$$T_a \geq 0.1 s \rightarrow T_a = 0.35 T_s' \quad (1.15)$$

$$T_b \geq 0.6 s \rightarrow T_b = 1.20 T_s' \quad (1.16)$$

$$T'_s = \frac{4H_s}{v'_s} = \frac{4H_s}{F_v v_s} = \frac{T_s}{F_v} \quad (1.17)$$

EN TERRENOS ROCOSOS: $T_a = 0.1 \text{ s}, T_b = 0.6 \text{ s}$

A1.6.4. CAIDA DE LA RAMA ESPECTRAL DESCENDENTE k

$$T_s \leq 1.65 \text{ s} \rightarrow k = \min\{1.5, 2 - T_s\}$$

$$T_s > 1.65 \text{ s} \rightarrow k = \max\left\{0.35, \frac{\beta}{F_r}\right\} \quad (1.18)$$

EN ROCA $k=2.0$

A1.6.5. FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO β

EL FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO DEBIDO A AMORTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA (DIFERENTE A 5%) O A LOS EFECTOS DE INTERACCION SUELO ESTRUCTURA, PERMITE MODIFICAR LOS VALORES DE ESPECTRO DE DISEÑO.

ξ_e =AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL O AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DEBIDO A LA INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA

$T_e = \tilde{T}_e$ = EL PERIODO ESTRUCTURA EFECTIVO TOMANDO EN CUENTA ESTOS EFECTOS

$$T_e < T_c \rightarrow \lambda = 0.45$$

$$T_e \geq T_c \rightarrow \lambda = 0.45 \frac{T_c}{T_e}$$

$$\beta = \left(\frac{0.05}{\xi_e}\right)^\lambda$$

A1.6.6. ESPECTROS DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO (A) Y (A+)

Sa_{col}^B = ESPECTRO DE DISEÑO PARA EL ESTADO LIMITE DE COLAPSO PARA ESTRUCTURAS DE GRUPO (B)

$Sa_{col}^A = 1.5 \cdot Sa_{col}^B$ = ESPECTRO DE DISEÑO PARA EL ESTADO LIMITE DE COLAPSO PARA ESTRUCTURAS DE GRUPO (A)

GRUPO (A+) $\rightarrow (a_0^r)$ SE OBTIENE DE PRODISIS ESPECIFICANDO LA (A+), Y PARA BAJA SISMICIDAD ES LO MISMO QUE PARA GRUPO (A)

A1.6.7. ESPECTROS DE DISEÑO PARA ESTADO LIMITE DE SERVICIO

CONSIDERACIONES:

- REFERENCIA = ESPECTRO DE COLAPSO PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO B
- SE APLICA FACTOR DE REDUCCION DE **5.5**
- NO EXISTE COMPORTAMIENTO NO LINEAL EN SUELO (FACTOR NOLINEALIDAD = 1.0)
- $F_{nl} = 1.0$, $F_v = 1.0$,
- $a_o = \frac{F_s a_o^r}{981.0 \cdot 5.5}$
- $T_a = 0.35 T_s$ $T_a \geq 0.1 s$
- $T_b = 1.20 T_s$ $T_b \geq 0.6 s$
- SE TOMA PARA TODOS GRUPOS: (B), (A), (A+)
- FACTORES: GRUPO (B) \rightarrow 1.0, GRUPO (A) \rightarrow 1.5, GRUPO (A+) \rightarrow ≥ 1.5 EN FUNCION DE LOCALIZACION GEOGRAFICA
- FACTOR DE SERVICIO (F_{ser}), $F_{ser} = \frac{S_{a_{col}}}{S_{a_{ser}}} = f(\text{periodo estructural})$
- FACTOR DE SERVICIO (F_{ser}), $F_{ser} = 5.5 = CONST.$ PARA ROCA

$$T_e < T_a \rightarrow a = a_o + (\beta c - a_o) \frac{T_e}{T_a}$$

$$T_a \leq T_e < T_b \rightarrow a = \beta c$$

$$T_b \leq T_e < T_c \rightarrow a = \beta c \left(\frac{T_b}{T_e} \right)^r$$

$$T_e \geq T_c \rightarrow a = \beta c \left(\frac{T_b}{T_e} \right)^r \left[k + (1 - k) \left(\frac{T_c}{T_e} \right)^2 \right] \left(\frac{T_c}{T_e} \right)^2$$

A1.6.8. ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTO (S_d)

$$S_d(T_e) = \frac{T_e^2}{4\pi^2} S_a(T_e) \quad (1.26)$$

CUANDO $T_e \rightarrow \infty$ EL DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL TERRENO (D_{max}) ES:

$$D_{max} = k \frac{c T_c^2}{4\pi^2} \left(\frac{T_b}{T_c} \right)^{0.5} g$$

CUANDO $k \geq 1.0$ EL DESPLAZAMIENTO MAXIMO ESPECTRAL = DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL TERRENO

CUANDO $k < 1.0$ EL DESPLAZAMIENTO MAXIMO ESPECTRAL OCURRE CUANDO $T_e = T_c$, Y ES IGUAL A:

$$S_{d_{max}} = \beta \frac{c T_c^2}{4\pi^2} \left(\frac{T_b}{T_c} \right)^{0.5} g$$

A2.7. ACELEROGRAMAS REPRESENTATIVOS DEL PELIGRO SISMICO

EN EL EMPLEO DE ACELEROGRAMAS QUE REPRESENTAN EL PELIGRO SISMICO DEL SITIO LOS ACELEROGRAMAS REALES DEBEN AMPLIFICARSE (GREEN) PARA OBTENER ACELEROGRAMA REPRESENTATIVO

CONSULTAR LA REFERENCIAS 3.18.

ACELEROGRAMAS SINTETICOS DEBEN CUMPLIR CON EL PELIGRO SISMICO COMO LAS ORDENEADAS DE ESPECTRO SISMICO

PUEDEN CARACTERIZARSE ESPECTROS A PARTIR DE SISMOS CON ORIGEN, MAGNITUD Y DISTANCIA ESPECIFICADOS.

PRODISIS SUMINISTRA ACELEROGRAMAS A PARTIR DEL ESPECTRO DE DISEÑO DE SITIO.

A2.3.2. CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS

A2.3.2.1. INTRODUCCION

TEMBLOR DE DISEÑO: EL QUE PUDE EXEDERSE POR LO MENOS UNA VEZ DURANTE LA VIDA UTIL DE LA ESTRUCTURA. **PROBABLIDAD DE FALLA** ES IGUAL A LA PROBABILIDAD QUE SE EXEDA LA INTENSIDAD DE SISMO DE DISEÑO.

ESTUCTURAS SE PROTEGEN CONTRA EL SISMO DE ACUERDO CON SU IMPORTANCIA.

SOLICITACIONES SISM=F(TIPO DE TEMBOR DE LA ZONA, GRADO DE SEGURIDAD DE ZONA, COSTO DE LA RESISTENCIA, TIPO DE RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA: ESTRUCTURACION Y DUCTILIDAD).

A2.3.2.2. CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS

TABLA 2.1., P. 28.:

A+ GRAN IMPORTANCIA, FALLA INADMISIBLE

A ALTA SEGURIDAD

B SEGURIDAD CONVENCIONAL

GRUPO	DESCRIPCIÓN
A+	Las estructuras de "gran importancia", o del Grupo A+, son estructuras en que se requiere un grado de seguridad extrema. Su falla es inadmisible porque, si se presenta, conduciría a la pérdida de miles de vidas humanas, a un grave daño ecológico, económico o social, o bien, impediría el desarrollo nacional o cambiaría el rumbo del país. Son estructuras de importancia extrema, como las grandes presas y las plantas nucleares.
A	Estructuras en que se requiere un grado de seguridad alto. Construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales de magnitud intensa o excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial a raíz de un sismo. Tal es el caso de puentes principales, sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, terminales de transporte, salas de espectáculos y hoteles que tengan áreas de reunión que pueden alojar un número elevado de personas, gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas y locales que alojen equipo especialmente costoso. Se incluyen también todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica cuya falla por movimiento sísmico pondría en peligro la operación de la planta, así como las estructuras para la transmisión y distribución de energía eléctrica.
B	Estructuras en que se requiere un grado de seguridad convencional. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas moderadas o pondría en peligro otras construcciones de este grupo o del grupo A, tales como naves industriales, locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en el grupo A, así como muros de retención, bodegas ordinarias y bardas. También se incluyen todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica que en caso de fallar por temblor no paralizarían el funcionamiento de la planta.

A2.3.2.2. TIPOS DE ESTRUCTURACIONES DE DE LAS CONSTRUCCIONES

- 1 MARCOS
- 2 PENDULOS INVERTIDOS
- 3 MUROS DE RETENCION
- 4 CHIMENEAS, SILOS
- 5 TANQUES, DEPOSITOS, SIMILARES ELEVADOS Y SUPERFICIALES
- 6 ESTRUCTURAS INDUSTRIALES
- 7 PUENTES
- 8 TUBERIAS
- 9 PRESAS
- 10 AISLAMIENTO SISMICO Y DISIPACION DE ENERGIA
- 11 TORRES DE TELECOMUNICACION
- 12 TUNELES
- 13 CIMENTACION

A2.3.2.4. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO

PARA CARACTERIZAR LA DUCTILIDAD:

Q=FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO=f(DUCTILIDAD, ESTRUCTURACION, DETERIORO)

A2.3.2.5. FACTOR REDUCTOR POR DUCTILIDAD (Q')

PARA $T_e < T_b$

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta}{k} \cdot \frac{T_e}{T_b}}$$

PARA $T_e > T_b$

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta p}{k}}$$

p =FACTOR DE VARIACIÓN DEL ESPECTRO EN LA RAMA DESCENDIENTE ($T_e \geq T_b$)

$$p = k + (1 - k) \left(\frac{T_b}{T_e} \right)$$

A2.3.8. ESTRUCTURAS TIPO 5, TANQUE SUPERFICIALES Y ELEVADOS

A2.3.8.1. GENERALES

TOMA EFECTOS HIDRODINAMICOS DEL LIQUIDO, ADICIONALMENTE A LOS EFECTOS DE INERCIA DE LA MASA DEL CONJUNTO.

EN PAREDES Y FONDO: PRESIONES HIDRODINAMICAS POR MOVIMIENTOS IMPULSIVOS (IMPACTO DE LIQUIDO) Y CONVECTIVOS DEL FLUIDO (POR LAS OSCILACIONES DEL LIQUIDO).

EFECTOS DE INERCIA: ECUACIONES DE EQUILIBRIO DINAMICO -> RESPUESTA ESPECTRAL.

EFECTOS HIDRODINAMICOS:

EL FLUIDO SE REEMPLAZA POR DOS MASAS VIRTUALES LIGADAS AL RECIPIENTE:

- MASA IMPULSIVA, LIGADA RIGIDAMENTE (EFECTOS HIDRODIN. DEBIDOS AL MOVIMIENTO DE CUERPO RIGIDO DEL RECIPIENTE).
- MASA CONVECTIVA, CON LIGA FLEXIBLE, REPRESENTA EFECTOS HIDRODINAMICOS DEBIDOS AL MODO FUNDAMENTAL DE VIBRACION DE LIQUIDO.

RECIPIENTE: DEPOSITO APOYADO DIRECTAMENTE SOBRE EL TERRENO,

TANQUE: RECIPIENTE APOYADO SOBRE UNA ESTRUCTURA.

TABLA 8.1, P. 122, FACTORES DE COMPORTAMIENTO SISMICO

DEPOSITOS DE ACERO:

- NO ANCLADOS, DISEÑADOS LEVANTAMIENTO DE LA BASE (PUEDEN DESARROLLAR PANDEO EN LA PARED CON CONFIGURACION DE PATA DE ELEFANTE BAJO SOBRECARGA SISMICA):
 $Q=2.00$
- NO ANCLADOS, DISEÑADPS CONSIDERANDO LEVANTAMIENTO DE LA BASE Y MODO DE PANDEO ELASTICO DE LA PARED (CONFIGURACION DIAMANTE): $Q=1.25$
- ANCLADOS, CON PERNOS DE ANCLAJE NO DUCTILES: $Q=1.25$
- ANCLADOS, CON PERNOS DE ANCLAJE DUCTILES: $Q=3.00$

DEPOSITOS DE CONCRTEO:

- CONCRETO REFORZADO: $Q=1.25$
- CONCRETO PRESFORZADO: $Q=1.00$

A2. 3.8.3. FACTOR DE REDUCCION POR SOBRESISTENCIA (R):

R=1.25 (A MENOS QUE SE JUSTIFIQUE UN FACTOR MAYOR)

A2. 3.8.4. DEPOSITOS SUPERFICIALES:

DURANTE SISMO SE GENERAN DOS TIPOS DE SOLICITACIONES:

- FUERZAS HIDRODINAMICAS SOBRE PAREDES Y FONDO.
- FUERZA DE INERCIA EN LA MASA DEL DEPOSITO.

AMORTIGUAMIENTO, $\zeta \neq 5\% \rightarrow$ SE TOMA DIFERENTE.

INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA SOLO EN LAS FUERZAS IMPULSIVAS.

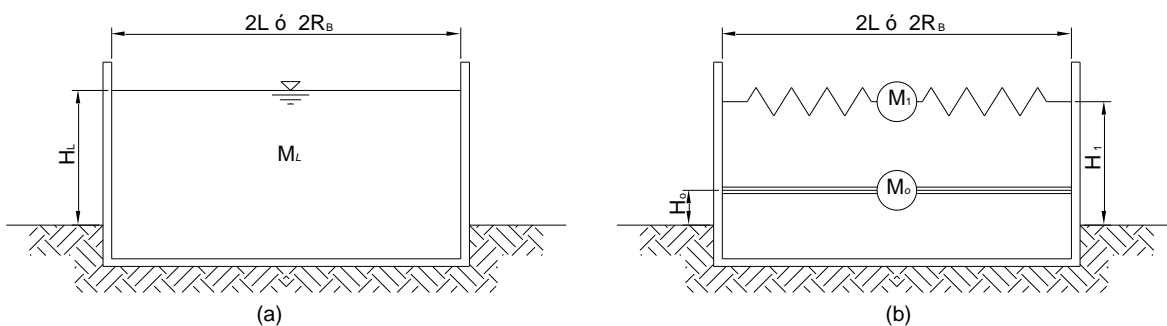


Figura 1. ANALOGIA DE LAS MASAS VIRTUALES ADHERIDAS PARA UN DEPOSITO SUPERFICIAL: (a) ORIGINAL, (B) MODELO EQUIVALENTE.

EL FLUIDO SE SUSTITUYE CON MASAS M_0 Y M_1 , UBICADAS EN LAS ALTURAS H_0 Y H_1 .

LA M_0 SE SUPONE UNIDA RIGIDAMENTE Y CON ELLA SE SIMULAN LOS EFECTOS DE LAS PRESIONES IMPULSIVAS.

LA M_1 SE SUPONE UNIDA MEDIANTE UN RESORTE DE RIGIDEZ K_1 PARA SUMULAR LOS EFECTOS DE LAS PRESIONES CONVECTIVAS DEBIDAS SOLAMENTE AL MODO FUNDAMENTAL DE VIBRAR EL LIQUIDO.

PARA DEPOSITOS CIRCULARES:

$$M_o = \frac{\tanh \left[1.73 \left(\frac{R_B}{H_L} \right) \right]}{1.73 \left(\frac{R_B}{H_L} \right)} M_L \quad (8.1)$$

$$M_1 = \frac{\tanh \left[1.84 \left(\frac{H_L}{R_B} \right) \right]}{2.17 \left(\frac{H_L}{R_B} \right)} M_L \quad (8.2)$$

$$K_1 = \frac{4.75 g M_1^2 H_L}{M_L R_B^2} \quad (8.3)$$

PARA $\frac{H_L}{R_B} \leq 1.5$:

$$H_o = 0.375 H_L$$

CUANDO $\frac{H_L}{R_B} \geq 1.5$:

$$H_o = \left[0.5 - 0.1875 \left(\frac{R_B}{H_L} \right) \right] H_L$$

PARA CUALQUIR RELACION $\frac{H_L}{R_B}$:

$$H_1 = \left\{ 1 - \frac{\cosh \left[1.84 \left(\frac{H_L}{R_B} \right) \right] - 1}{1.84 \left(\frac{H_L}{R_B} \right) \sinh \left[1.84 \left(\frac{H_L}{R_B} \right) \right]} \right\} H_L$$

PARA INCLUIR EL MOMENTO HIDRODINAMICO SOBRE EL FONDO DEL DEPÓSITO:

CUANDO: $H_L/R_B \leq 2.67$

$$H_o = \left\{ \frac{1.73 \left(R_B/H_L \right)}{2 \tanh \left[1.73 \left(R_B/H_L \right) \right]} - \frac{1}{8} \right\} H_L$$

CUANDO $H_L/R_B > 2.67$:

$$H_o = 0.45H_L$$

PARA CUALQUIER H_L/R_B :

$$H_1 = \left\{ 1 - \frac{\cosh \left[1.84 \left(H_L/R_B \right) \right] - 2.01}{1.84 \left(H_L/R_B \right) \sinh \left[1.84 \left(H_L/R_B \right) \right]} \right\} H_L$$

A2. 3.8.4.1. PRESIONES HIDRODINAMICAS

LAS PRESIONES HIDRODINAMICAS EN EL FONDO Y EN LAS PAREDES SE OBTIENEN COMBINANDO LAS PRESIONES CONVECTIVAS E IMPULSIVAS.

DEPOSITOS CIRCULARES:

LAS PRESIONES SOBRE LAS PAREDES:

$$p_o = C_o(z) \frac{a(\tilde{T}_o, \beta)}{Q'(\tilde{T}_o)R} \gamma_L R_B \cos \Theta_c \quad (8.19)$$

β = AMORTIGUAMIENTO QUE SE DEFINE EN 3.8.9. ($\beta \geq 0.8$).

$a(\tilde{T}_o, \beta)$ = ORDENADA ESPECTRAL MODIFICADA POR EL FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO, (β), CORRESPONDIENTE AL PERIODO (\tilde{T}_o).

R = FACTOR DE REDUCCION POR SOBRESISTENCIA.

γ_L = PESO VOLUMETRICO DEL FLUIDO ALMACENADO,
 $C_0(z)$ = FUNCIÓN ADIMENSIONAL QUE DEFINE LA VARIACIÓN DE LA PRESIÓN IMPULSIVA SOBRE LA PARED

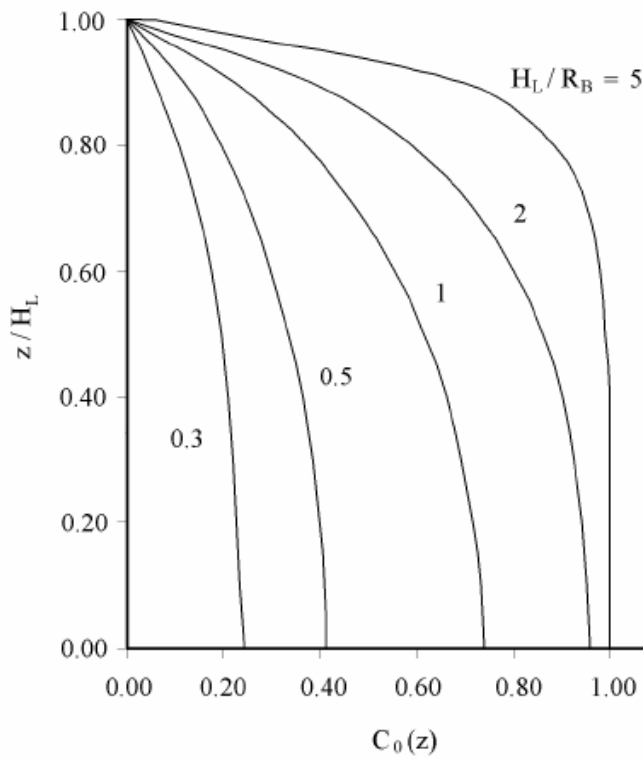


Figura 8.1. Distribución de presiones impulsivas en depósitos circulares.

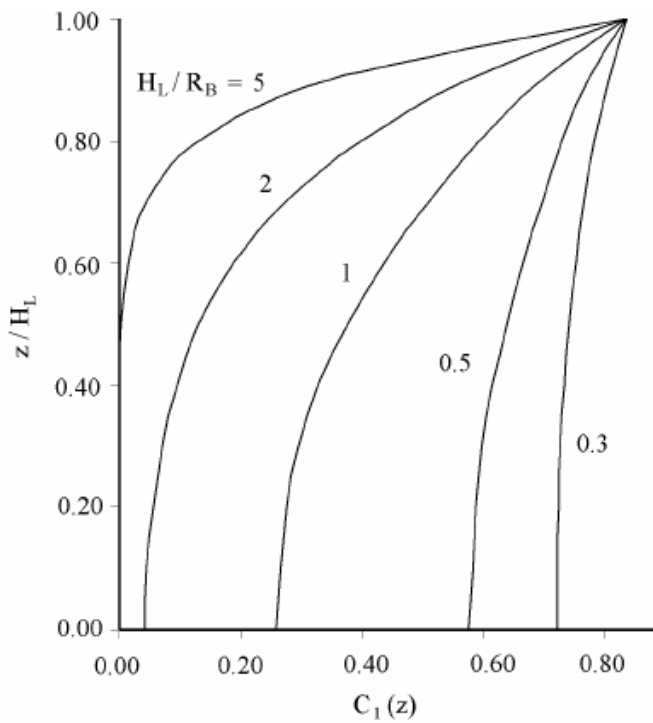


Figura 8.2. Distribución de presiones convectivas en depósitos circulares.

Figura 2 DEFINICION DE LA FUNCION $C_0(z)$

θ_c = EL ANGULO QUE SE MIDE A PARTIR DE UN EJE PARALELO A LA DIRECCION DEL SISMO Y QUE UBICA EL PUNTO DONDE SE CALCULA LA PRESION

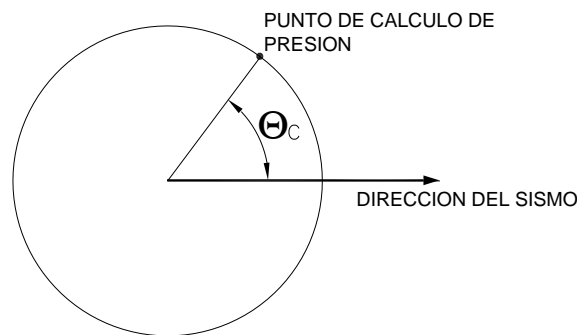


Figura 3. DEFINICION DE θ_c

LAS PRESIONES CONVECTIVAS SE CALCULAN DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE ECUACION:

$$p_1 = C_1(z) \frac{a(T_1, \beta)}{Q'(T_1)R} \gamma_L R_B \cos \theta_c \quad (8.20)$$

$a(T_1, \beta)$ = ES LA ORDENADA ESPECTRAL MODIFICADA POR EL FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO, (β), CORRESPONDIENTE AL PERIODO (T_1) DEL LIQUIDO:

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{M_1}{K_1} \right)^{0.5} \quad (8.21)$$

A2.3.8.4.2. FUERZA DE INERCIA

CIMENTACION:

EL MOMENTO DE VOLTEO DE DISEÑO ES LA SUMA DE LOS MOMENTOS QUE PROVIENEN DE LAS PRESIONES HIDRODINAMICAS QUE ACTUAN TANTO EN LAS PAREDES COMO EN EL FONDO DEL DEPOSITO.

LA FUERZA CORTANTE (V_o) Y EL MOMENTO DE VOLTEO IMPULSIVOS (M_{o_o}) EN LA BASE SE OBTIENE TOMANDO EN CUENTA LA INTERACCION LIQUIDO-RECIPIENTE Y LA INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA:

$$V_o = M_o g \frac{a(\tilde{T}_o, \beta)}{Q'(\tilde{T}_o)R}$$

\tilde{T}_o = PERIODO EFECTIVO DEL SISTEMA LIQUIDO-RECIPIENTE.

$$\tilde{T}_o = T_o$$

LAS FUERZAS DE INERCIA QUE ACTUAN EN LOS CENTROS DE GRAVEDAD DE LAS MASAS DE LAS PAREDES Y EN LA CUEBIERTA DEL DEPOSITO SON EFECTOS IMPULSIVOS ADICIONALES, QUE SE OBTIENEN CON LAS ECUACIONES SIMILARES A LAS DE MODO IMPULSIVO.

LA FUERZA CORTANTE Y EL MOMENTO DE VOLTEO CONVECTIVOS EN LA BASE (V_1 , M_{o1}) SE CALCULARAN SIN TOMAR ENCUESTA LA INTERACCION LIQUIDO-RECIPIENTE NI LA INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA:

$$V_1 = M_1 g \frac{a(T_1, \beta)}{Q'(T_1)R} \quad (8.26)$$

$$M_1 = V_1 H_1 \quad (8.27)$$

ELE EFECTO DE RESPUESTAS TOTALES TOMANDO EN CUENTA MAXIMAS IMPULSIVAS Y CONVECTIVAS SE OBTIENEN:

$$S_D = \sqrt{S_0^2 + S_1^2} \quad (8.28)$$

S_0, S_1 = FUERZAS CORTANTES O MOMENTOS DE VOLTEO EN LA BASE ASOCIADOS A LOS EFECTOS IMPUSIVOS O CONVECTIVOS, RESPECTIVAMENTE.

A2.3.8.7. EFECTOS COMBINADOS DE LOS MOVIMIENTOS DEL TERRENO

LOS TANQUES Y DEPOSITOS SE ANALIZARAN SE ANALIZARAN ANTE LA ACCION DE DOS COMPONENTES HORIZONTALES ORTOGONALES DEL MOVIMIENTO DE TERRENO DE LA MISMA INTENSIDAD.

EFECTO X-X = EFECTO Y-Y

EN ZONAS DE ALTA SISMICIDAD:

SE TOMA EN CUENTA LA COMPONENTE VERTICAL (S_v) = (2/3)(PRESION HIDROSTATICA) * (aceleración máxima terreno/aceleración de gravedad)

EL EFECTO TOTAL: $S_D = \sqrt{S_0^2 + S_1^2 + S_v^2}$

A2.8.8. INTERACCION LIQUIDO-RECIPIENTE

LA FLEXIBILIDAD DE RECIPIENTE INCREMENTA LOS PERIODOS Y MODOS DE VIBRACION IMPULSIVO Y CONVECTIVO.

LA MASA IMPUSIVA M_o ENTONCES SE CONSIDERA LIGADA AL TANQUE CON UN RESORTE DE RIGIDEZ K_o :

$$K_o = \frac{M_o \cdot g}{\delta_o} \quad (8.39)$$

δ_o = DESPLAZAMIENTO MAXIMO RADIAL O LATERAL A LA ALTURA DE LA MASA IMPULSIVA M_o , PRODUCIDO POR UNA CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA CUYA MAGNITUD ES IGUAL:

$$\frac{M_o g}{2\pi R_B H_L}$$

PARA RECIPIENTES CIRCULARES.

EL PERIODO NATURAL DEL SISTMA LIQUIDO RECIPIENTE ES IGUAL A:

$$T_o = 2\pi \left(\frac{M_o}{K_o} \right)^{0.5}$$

A2.3.8.9. INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA

SE DESPRECIA EN LOS MODOS CONVECTIVOS.

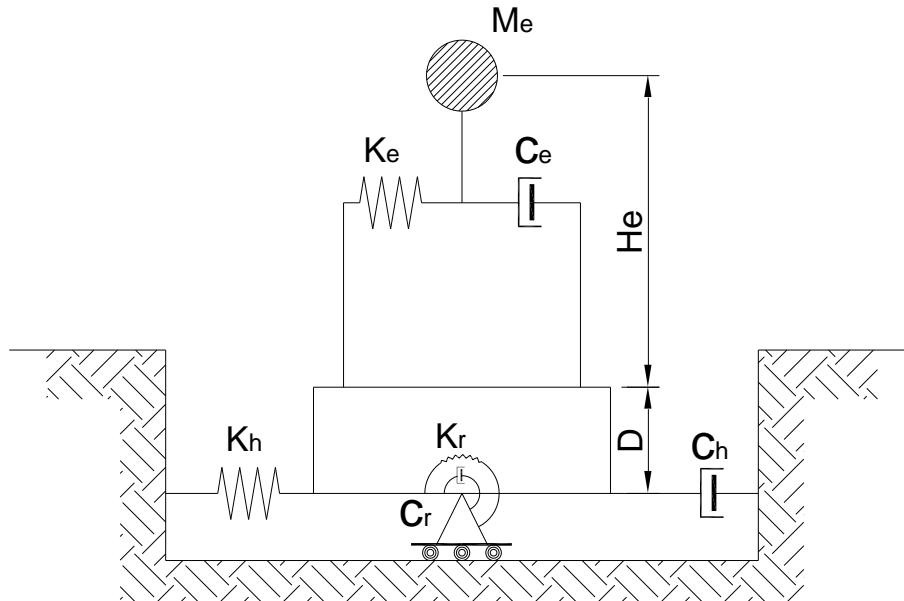


Figura 4. SISTEMA SUELO-ESTRUCTURA EQUIVALENTE PARA RECIPIENTES.

SUELO: K_h , K_r , C_h , C_r

D =PROFUNDIDAD DE DESPLANTE

ESTRUCTURA: M_e , C_e , K_e , H_e

EL FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (β) DEBIDO A AMORTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA (DIFERENTE A 5%) O A LOS EFECTOS DE INTERACCION SUELO ESTRUCTURA, PERMITE MODIFICAR LOS VALORES DE ESPECTRO DE DISEÑO.

ξ_e =AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL O AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DEBIDO A LA INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA

$T_e = \tilde{T}_e$ = EL PERIODO ESTRUCUTRA EFECTIVO TOMANDO EN CUENTA ESTOS EFECTOS

$$T_e < T_c \rightarrow \lambda = 0.45$$

$$T_e \geq T_c \rightarrow \lambda = 0.45 \frac{T_c}{T_e}$$

$$\beta = \left(\frac{0.05}{\xi_e} \right)^\lambda$$

(\tilde{T}_e) Y $(\tilde{\xi}_e)$ PARA DEPOSITO CON BASE FLEXIBLE SE CALCULARA CONSIDERANDO EL DEPOSITO CON BASE FLEXIBLE, TOMANDO:

$$\begin{aligned} M_e &= M_o \\ C_e &= C_o \\ K_e &= K_o \\ H_e &= H_o \end{aligned} \quad (8.41)$$

Y EL PERIODO (\tilde{T}_2) Y EL AMORTIGUAMIENTO $(\tilde{\xi}_2)$ DE UN TANQUE CON BASE FLEXIBLE SE CALCULARAN CONSIDERANDO QUE:

$$M_e = M_o + M_p \quad C_e = C_p \quad K_e = K_p \quad (8.42)$$

$$H_e = \frac{[M_o(H_o + H_p) + M_p H_p]}{(M_o + M_p)}$$

Y

$\xi_e \geq 0.02$ = AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL O AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DEBIDO A LA INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA,
 $\beta \geq 0.8$ FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO