

ANEXO H

**DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SISMICAS A INCORPORAR
EN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL PROYECTO LA
RAISA, SANTA TERESA, ESTADO MIRANDA.**

INFORME N° 109-03

CORAL 83

CORAL 83 INGENIERIA DE CONSULTA

**DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS A INCORPORAR
EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL PROYECTO
LA RAISA, SANTA TERESA, ESTADO MIRANDA**

INFORME N°109-03

CARACAS, SEPTIEMBRE 2003

CONTENIDO

	Pág.
1.- Introducción	1
2.- Peligrosidad Sísmica en la Ralsa y Áreas Adyacentes	2
2.1.- Estudios de Peligrosidad Sísmica	2
2.2.- Mapas de Zonificación	3
3.- Selección del Riesgo Aceptable	3
4.- Aceleraciones Máximas del Terreno A_0	3
5.- Condiciones Locales del Subsuelo y Espectro de Respuesta	4
Referencias	7
Anexos	8

**DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS A INCORPORAR EN LAS
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL PROYECTO LA RAISA,
SANTA TERESA, ESTADO MIRANDA**

1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como finalidad la determinación de las acciones sísmicas a incorporar en las Especificaciones Técnicas para una Planta Generadora de Electricidad, a ser construida en el Centro de Servicios La Raisa de la C.A. La Electricidad de Caracas, ubicado en Santa Teresa del Tuy, Municipio Independencia, Estado Miranda.

De acuerdo con lo indicado en el plano RA1: 0102-02 de ELECAR, la referida planta consta de: dos bloques de generación, tanque de agua contra incendio y proceso, casa de bombas, seccionador-interruptor, pórtico y torre de transmisión.

2.- PELIGROSIDAD SÍSMICA EN LA RAISA Y ÁREAS ADYACENTES

La peligrosidad sísmica o amenaza sísmica cuantifica el valor esperado de futuras acciones sísmicas y se expresa en términos de probabilidades de excedencia.

Para evaluar el nivel de amenaza sísmica en el Centro de Servicios La Raisa, se han tomado en consideración estudios de peligrosidad sísmica realizados para ese centro y áreas adyacentes, así como los valores de aceleración que se le asigna al sitio La Raisa en mapas de zonificación sísmica de Normas y Especificaciones nacionales.

2.1.- Estudios de Peligrosidad Sísmica

a.- S/E OMZ (La Raisa) (Elecar 1994). Coordenadas: 10.25N-66.79W. La peligrosidad sísmica en roca viene dada por $a^* = 54.7$ gal y $\gamma = 4.01$; es decir:

$$P = \exp [-t (A_0/54.7)^{4.01}] \quad (1.1)$$

b.- El Sitio (Elecar 1999). Coordenadas: 10.29N-66.68W, distancia aproximada a La Raisa: 8 km. La peligrosidad sísmica en roca viene dada en forma gráfica (véase la **Tabla 4.1**)

c.- El Guapo (Coral, 2000). Coordenadas: 10.13N-65.97W, distancia aproximada a La Raisa: 87 km. La peligrosidad sísmica en roca viene dada en forma gráfica.

CORAL 83

CORAL 83 INGENIERIA DE CONSULTA

2.2.- Mapas de Zonificación

La ubicación del Centro de Servicios La Raisa en los mapas de zonificación sísmica de las Normas y Especificaciones indicadas, arroja los siguientes valores de aceleración máxima del terreno:

- a.- COVENIN 1756-1982: $A_0 = 0.30g$ (10% de excedencia en 50 años)
- b.- CADAPE NSP-420 (1983): $A_0 = 0.50g$ (1.5 a 2.5% de excedencia en 40 años)
- c.- Propuesta de Norma de Puentes (Lobo Quintero, 1986). Se cita como Norma MTC (1986) en la **Tabla 4.1**.
- d.- JA-221(1999): $a^* = 40g$ y $\gamma = 3.75$; es decir $P = \exp [-t (A_0/40)^{-3.75}]$
- e.- COVENIN 1756-2001: $A_0 = 0.25g$ (10% de excedencia en 50 años, es decir período de retorno de 475 años). En la **Tabla 4.1** se estiman los valores allí indicados.

3.- SELECCIÓN DEL RIESGO ACEPTABLE

Los movimientos máximos a emplear en el diseño de una instalación se fundamentan en criterios de riesgo aceptables. Estos dependen de las eventuales consecuencias del mal funcionamiento o falla en caso de sismo.

Los criterios que se dan en la **Tabla 3.1** corresponden a los documentos allí indicados. Obsérvese que para los periodos medios de retorno indicados, su inversa es equivalente a la probabilidad de excedencia anual.

TABLA 3.1
CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL RIESGO ACEPTABLE

Tipo de Obra	Vida Útil (años)	Prob. de Exceden (%)	Período Medio de Retorno (años)	Documento de Referencia
Edificaciones habitacionales y oficinas	50	10	475	Normas COVENIN 1756 (1982 y 2001)
Edificaciones esenciales	50	~ 4 a 5	975 a 1200	
Puentes de gran importancia	100	5	1960	Propuesta Norma MTC, (1986)
S/E de alto y extra-alto voltaje	40	1.5 a 2.5	1600 a 2600	CADAPE NSP-420 (1984)
Instalaciones petroleras (accidentes con impacto ambiental irreversible)	--	--	10000	PDVSA, JA-221 (1999)
Instalaciones de gas licuado	100	1	10000	Propuesta PDVSA (s.f)
Depósitos de desperdicios radioactivos	--	--	10^6	Comisión Energía Atómica (véase: IAEA) (1996)

Las instalaciones del Centro de Servicios La Raisa de Elecar, pueden clasificarse en forma similar a las de la Tabla 1.2 del Informe ELECAR (1994), la cual se aplica aquí para elaborar la **Tabla 3.2**.

TABLA 3.2
CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA GENERADORA DE ELECTRICIDAD LA RAISA

GRUPO	DESCRIPCIÓN	INSTALACIÓN
1	Instalaciones eléctricas y mecánicas, así como obras civiles cuyo mal funcionamiento puede dar lugar o situaciones catastróficas.	Transformador; Interruptor; Pórtico metálico; Tanque contra incendios
2	Instalaciones eléctricas y mecánicas, obras civiles de funcionamiento esencial, en las cuales se deben minimizar los daños por sismos.	Generador; Turbina; Chimenea; Casa de bombas; Torre de transmisión

De acuerdo con la **Tabla 3.1** y criterios similares a los establecidos en la **Tabla 7.2** del Informe ELECAR (1994), en la **Tabla 3.3** se dan rangos de valores típicos para los Grupos 1 y 2.

TABLA 3.3
CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS ACELERACIONES MÁXIMAS DEL TERRENO (A_o)

GRUPO	VIDA ÚTIL (años)	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)	PERÍODO MEDIO DE RETORNO (años)
1	30 a 40	1.5 a 2	2000
2	30 a 40	3 a 4	1000

4.- ACELERACIONES MÁXIMAS DEL TERRENO A_o

Con base en los resultados de estudios de peligrosidad y los mapas de zonificación que se citaron en la **Sección 2.2**, la aplicación de los criterios de la **Tabla 3.3** conduce a los valores que se dan en la **Tabla 4.1**.

TABLA 4.1
ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO A_o

INFORME O NORMA	VALORES DE A _o	
	1000 años	2000 años
COVENIN 1756 (2001)	> 0.29g	> 0.33g
Normas de MTC (1986)	~ 0.30g	0.38g
La Raisa ELECAR (1994)	0.31g	0.37g
El Sitio (Elecar, 1999)	0.35g	0.42g

Tomando en consideración que los resultados para El Sitio son más recientes y que esta localidad se encuentra ubicada unos pocos kilómetros más cerca que el Centro de Servicios La Raisa, de las fuentes sismogénicas que más contribuyen a la amenaza sísmica, se recomienda emplear los siguientes valores de diseño:

Instalaciones del Grupo 1: $A_o = 0.40g$

Instalaciones del Grupo 2: $A_o = 0.33g$

5.- CONDICIONES LOCALES DEL SUBSUELO Y ESPECTRO DE RESPUESTA

De acuerdo con el Informe de INGEOSOLUM (2002), el perfil estratigráfico de las 4 perforaciones P1 a P4 ubicadas en el área donde serán ubicadas las instalaciones de la Planta Generadora, clasifica como suelo tipo S2 de acuerdo con la norma COVENIN 1756-2001 (Carrillo, 2003). Para este tipo de suelo: $\phi = 0.80$; $T^* = 0.70$; $\beta = 2.6$; $p = 1.0$. El valor $\beta = 2.6$ solo es válido para amortiguamientos referidos al crítico $\xi = 5\%$; para otros amortiguamientos, β es igual a:

$$\beta = 1.13 (0.0853 - 0.739 \ln \xi) \quad (5.1)$$

Por tanto el espectro de respuesta elástico ($R = 1$) de acuerdo con la Norma COVENIN 1756-2001, queda definido por las siguientes expresiones:

Para: $T < 0.17$ seg:

$$A_d = 0.8 \times A_o [1 + 5.88 (\beta - 1)] \quad (5.2)$$

Para: $0.17 \leq T < 0.7$ seg

$$A_d = 0.8 \times A_o \times \beta \quad (5.3)$$

Para: $T \geq 0.7$ seg

$$A_d = 0.56 \times \beta \times A_o / T \quad (5.4)$$

Para espectros de diseño con $R > 1$, las expresiones anteriores pasan a depender de T^* , donde esta variable vale:

$$T^* = 0.1 (R - 1) \quad \text{para } R < 5 \quad (5.5a)$$

CORAL 83

CORAL 83 INGENIERIA DE CONSULTA

$$T^+ = 0.4 \quad \text{para } R \geq 5 \quad (5.5b)$$

Las fórmulas (5.1) a (5.3) pasan a valer:

Para $T < T^+$

$$A_d = 0.8 \times A_o \times [1 + (\beta - 1) T/T^+] / [1 + (T/T^+)^c (R - 1)] \quad (5.6)$$

Para $T^+ \leq T \leq 0.7 \text{ seg}$

$$A_d = 0.8 \times \beta \times A_o / R \quad (5.7)$$

Para $T < 0.7 \text{ seg}$

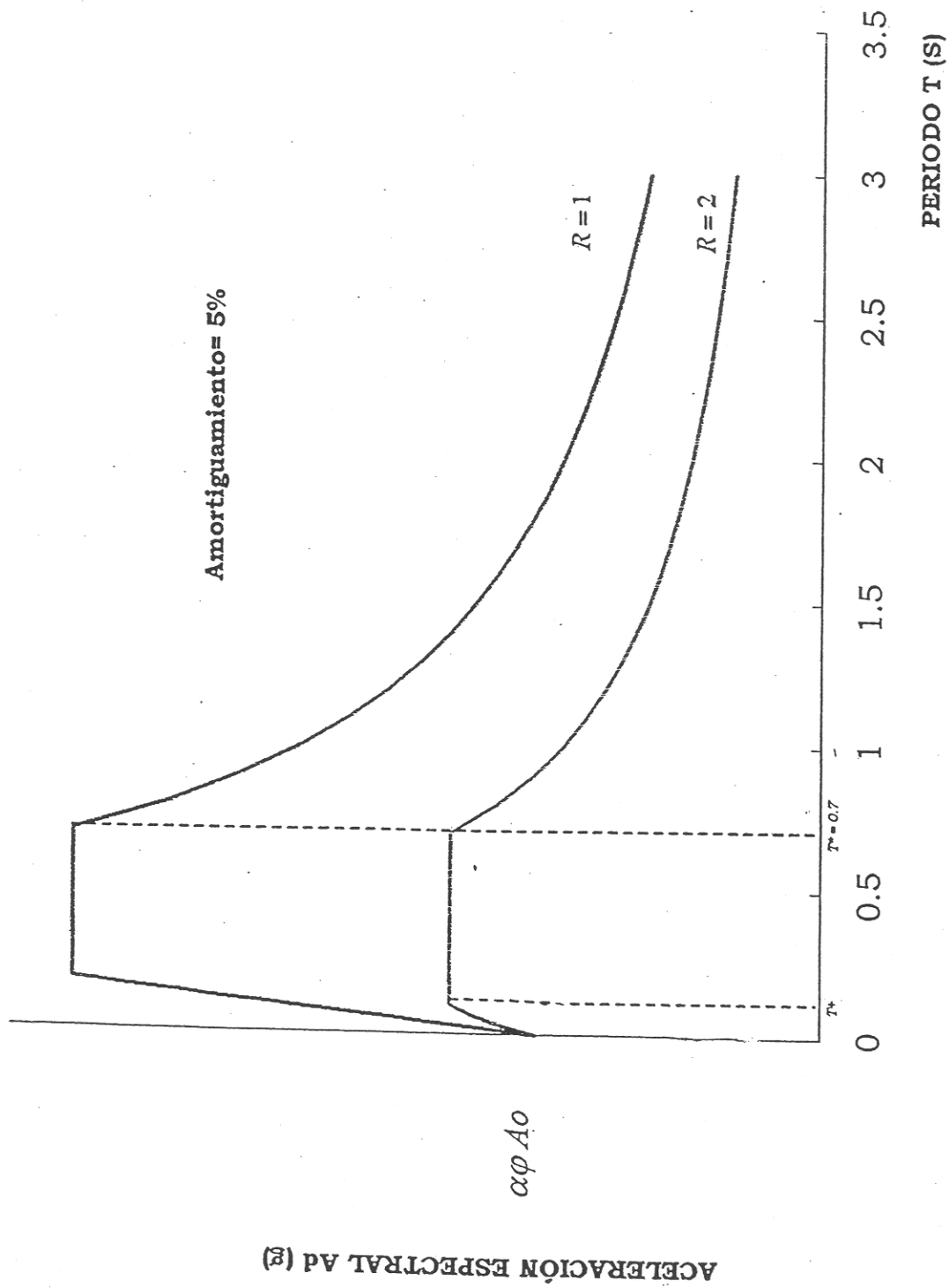
$$A_d = 0.56 \times \beta \times A_o / (R \times T) \quad (5.8)$$

Donde:

$$c = \sqrt[4]{R/\beta}$$

El valor del factor de reducción R depende de la capacidad de disipar energía en el rango inelástico y viene dado en el **Anexo A**. En el **Anexo B** se dan valores típicos del amortiguamiento referido al crítico ξ en %.

En la **Figura 5.1** se ilustran los espectros correspondientes al Grupo 1 (2000 años) para $R = 1$ (respuesta elástica) y $R = 2$ (instalación tipo pórtico metálico), con $\xi = 5\%$.



**FIGURA 5.1 ESPECTROS DE RESPUESTA EN SUELO S2
PARA INSTALACIÓN DEL GRUPO 1**

CORAL 83

CORAL 83 INGENIERIA DE CONSULTA

REFERENCIAS

CADAFE (1984). *Norma NS-P-420 para la calificación de equipos de subestaciones eléctricas*. Caracas.

CARRILLO P. (2003). Comunicación Personal

CORAL 83 (1994). Especificaciones de Diseño y Verificación Sismorresistente para el Sistema Eléctrico de la C.A.L Electricidad de Caracas. Informe para ELECAR, Caracas.

CORAL 83 (1999). Estudio de Amenaza Sísmica para la Planta Termoeléctrica de El Sitio, Edo Miranda. Informe para ELECAR, Caracas.

COVENIN (1982). Edificaciones Antisísmicas, Norma COVENIN 1756. Fondonorma, Ministerio de Fomento, Caracas.

COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes, Norma COVENIN 1756. Fondonorma, Caracas.

INGEOSOLUM (2002). Estudio Geotécnico para la Planta Generadora en el Centro de Servicios La Raisa. Informe N° 0203 para ELECAR, Caracas

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING, IAEE (1960-1996). Regulations for Seismic Desing: a World List. Tokyo./De aparición periódica: cada 4 años; la última versión, año 1996, recoge 44 documentos normativos/.

LOBO QUINTERO W. (1986). Norma Venezolana para el diseño sismorresistente de puentes. Propuestas para la Dirección de Estudios y Proyectos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, articulado y comentarios. Mérida, Julio. /Los diez primeros Capítulo de esta propuesta se produjeron como Anexo E: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (1997)/.

PDVSA (1999). Diseño antisísmico de instalaciones industriales, PDVSA JA-221. *Manual de Ingeniería de Diseño de PDVSA*, Especialidad 18 "Estructuras", Caracas. /Versiones más recientes de este documento se encuentran actualmente en consideración por parte de COVENIN/.

ANEXOS

ANEXO A

VALORES INDICATIVOS DEL FACTOR DE DUCTILIDAD D (véase nota)

INSTALACIÓN O SISTEMA ESTRUCTURAL	D
Equipos de porcelana instalados sobre bases:	
(a) Rígidas de concreto o estructura metálica soldada.	1
(b) Estructura metálica apernadas, hiperestáticas.	1.5
Pórticos metálicos constituidos por miembros apernados, torres de transmisión y estructuras que en su configuración posean una elevada hiperestaticidad	2
Tanques de acero cilíndricos, verticales, de pared delgada, apoyados directamente en el terreno. Para tanques debidamente anclados, D puede tomarse igual a 1.5	1
Recipientes verticales apoyados sobre una estructura de soporte de acero de concreto armado.	1.5
Recipientes verticales apoyados sobre una falda apernada directamente a la fundación	2
Silos y chimeneas de concreto reforzado, con paredes continuas hasta la fundación y ancladas adecuadamente a la misma	2.5
Tambores, recipientes horizontales e intercambiadores de calor, con estructura de soporte arriostrada en las dos direcciones principales:	
(a) Estructura a base de elementos de acero apernados o miembros de concreto armado.	3
(b) Estructura a base de elementos de acero soldado.	2.5
Tambores, recipientes horizontales e intercambiadores de calor, con estructura de soporte arriostrada en alguna de las direcciones principales:	
(a) Estructura a base de elementos de acero	2
(b) Estructura a base de miembros de concreto armado (muros u otros).	1.5
Estructuras de concreto armado sustentadas por una sola columna, o aquellas que no posean diafragma para distribuir eficazmente las fuerzas inerciales entre los miembros verticales:	
(a) Armado pre-1967	1.0
(b) Armado según Normas Vigentes	1.5
Estructuras de concreto armado capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante deformaciones debidas esencialmente a flexión de sus miembros estructurales, tales como pórticos:	
(a) Diseños pre-1967	22
(b) Diseños 1967-1982	3.5
(c) Diseños según Normativa vigente	5

Nota: En términos generales, el valor de D es equivalente a R para las ecuaciones 5.6 a 5.8

ANEXO B

VALORES DE AMORTIGUAMIENTO EN PORCENTAJE DEL CRITICO: ξ

ESTRUCTURA DE TIPO O EQUIPO	NIVEL DE ESFUERZOS Y/O TIPO DE SOPORTE	ξ (%)
Equipos predominantemente hechos a base de porcelana	Soporte rígido poco deformables	0.5
	Soportes metálicos a base de miembros apernados	0.5 - 1.0
Tuberías	Esfuerzos inferiores a 1/4 del cedente	1
	Esfuerzos de trabajo, inferiores a 1/2 del cedente.	1-2
	Esfuerzos iguales al cedente, o muy cercanos.	2-3
Estructuras de acero soldado, o concreto pretensado	Esfuerzos muy por debajo del límite de proporcionalidad.	0.5-1.0
	Esfuerzos de trabajo que no excedan 1/2 del cedente.	2-3
	Esfuerzos iguales al cedente, o cercanos, sin pérdida de pretensión.	5-7
Estructura de concreto armado	Fisuración incipiente	2
	Fisuración considerable sin alcanzar la cedencia	3-5
	Esfuerzos iguales al cedente; agrietamiento importante y daños visibles	7-10
Estructuras metálicas a base de miembros apernados o remachados	Esfuerzos de trabajo que no excedan 1/2 del cedente	5 a 7
	Esfuerzos a nivel cedente o muy cercanos	10 a 15