

**I
N
P
R
E
S**

PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO DE ECONOMIA
SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS
SUBSECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA

REPUBLICA ARGENTINA

ESTIMACION DEL RIESGO SISMICO EN EL
EMPLAZAMIENTO DEL COMPLEJO HIDROELECTRICO

El Tambolar - Los Caracoles

PROVINCIA DE SAN JUAN

PUBLICACION
TECNICA N°.2

2da. edición
SAN JUAN, Diciembre de 1978

ESTIMACION DEL RIESGO SISMICO EN EL
EMPLAZAMIENTO DEL COMPLEJO HIDROELECTRICO
"EL TAMBOLAR - LOS CARACOLES"
PROVINCIA DE SAN JUAN

TRABAJO REALIZADO POR EL
INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA

PARA
AGUA Y ENERGIA ELECTRICA
EMPRESA DEL ESTADO

JEFATURA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS - ZONA CUYO

PUBLICACION TECNICA N° 2

C O N T E N I D O

- 1 - Introducción.
- 2 - Concepto de Riesgo Sísmico.
 - 2.1 - Mecanismo de Generación de Terremotos.
 - 2.2 - Riesgo Sísmico Propiamente Dicho.
- 3 - Períodos Medios de Retorno.
- 4 - Curvas de Atenuación.
- 5 - Estimación del Riesgo Sísmico en el Sitio de Emplazamiento
 - 5.1 - Terremoto Crítico de Proyecto.
 - 5.2 - Aceleración Máxima de Proyecto.
 - 5.3 - Evolución de la Actividad Sísmica en el Punto de Emplazamiento de la Obra.
- 6 - Conclusiones.

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Períodos Medios de Recurrencia.

TABLA 2: Riesgo Sísmico en el Punto de Emplazamiento.

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1: Curvas de Atenuación de la Aceleración Máxima en Función de la Distancia Epicentral, Para una Profundidad de Foco de 30 kilómetros.

FIGURA 2: Curvas del Riesgo Sísmico en Función del Tiempo, Para Diferentes Magnitudes.

FIGURA 3: Curvas de Aceleración Máxima en Función de la Magnitud del Sismo Base de Proyecto.

FIGURA 4: Distribución de las Frecuencias Anuales de Ocurrencia de Terremotos, en el Punto de Emplazamiento.

FIGURA 5: Distribución del Riesgo Sísmico en Función de la Aceleración para Diferentes Períodos de Riesgo.

FIGURA 6: Curva de Aceleración de Riesgo en Función del Período Medio de Retorno, Para el Punto de Emplazamiento.

ESTIMACION DEL RIESGO SISMICO EN EL
EMPLAZAMIENTO DEL COMPLEJO HIDROELECTRICO
"EL TAMBOLAR - LOS CARACOLES"

Por: Ing. Juan Carlos CASTANO (*)

1 - INTRODUCCION:

Siendo imposible, hasta el presente, predecir cuantitativamente la actividad sísmica futura, la aplicación sistemática de métodos estadísticos permite estimar los probables parámetros de los terremotos más intensos a ocurrir en una zona determinada, incluyendo sus períodos de recurrencia; ofreciendo pautas que permitan seleccionar los coeficientes más apropiados a utilizar en el cálculo de estructuras sismorresistentes. De esta forma se tiende a reducir considerablemente las pérdidas de vida y los daños materiales ante la ocurrencia de estos desastres naturales, sin encarecer exagerada y a veces prohibitivamente una obra importante.

Con este fin, los resultados obtenidos en el "Estudio de la Sismicidad del Area de Emplazamiento del Complejo Hidroeléctrico "El Tambolar - Los Caracoles" son utilizados

(*) Jefe del Area de Sismología del Instituto Nacional de Prevención Sísmica INPRES.

en esta segunda etapa para el análisis del Riesgo Sísmico de dicha área, obteniéndose una serie de valores numéricos que por sí o en conjunto caracterizan la peligrosidad sísmica potencial del sitio de emplazamiento, dando mayores elementos de juicio a los encargados del proyecto de la obra en la selección, de acuerdo a sus propios criterios, de los coeficientes de seguridad mas adecuados a las exigencias y características del proyecto.

2. CONCEPTO DE RIESGO SISMICO

2.1. MECANISMO DE GENERACION DE TERREMOTOS

Para intentar calcular el riesgo sísmico debemos adoptar un mecanismo de ocurrencia de sismos en la zona en estudio. Si aceptamos que la generación de terremotos de una cierta magnitud, constituye, en tiempo y espacio, un proceso estocástico discreto, el fenómeno de ocurrencia puede representarse por un proceso de Poisson. Dicho proceso se caracteriza por ser estacionario e independiente. Es independiente porque el número de eventos que ocurren en cualquier intervalo de tiempo Δt no depende del número de eventos ocurridos en cualquier intervalo anterior $\Delta t'$, ubicado en forma arbitraria. Es estacionario porque la frecuencia media de generación del fenómeno por unidad de tiempo no depende del tiempo.

En el caso de los terremotos se asume que un sismo es independiente de cualquier otro anterior y que para un cierto rango de magnitud tiene la misma probabilidad de ocurrir en cualquier período unitario de tiempo.

La probabilidad, $P(n, \lambda t)$, de que ocurran un número n de sismos en un intervalo de tiempo t , estará dada por la ley de probabilidad de Poisson

$$P(n, \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!} \quad (1)$$

siendo λ la frecuencia media de ocurrencia de tales eventos.

2.2. RIESGO SISMICO PROPIAMENTE DICHO

Si definimos el Riesgo Sísmico $R_T (M \geq M_0)$, como la probabilidad de que ocurra por lo menos un terremoto cuya magnitud, M , iguale o supere una magnitud mínima, M_0 , en un intervalo de tiempo, T , podemos escribir:

$$R_T (M \geq M_0) = 1 - e^{-\lambda T} \quad (2)$$

ya que la probabilidad de que no ocurran sismos de tales características en el lapso de tiempo establecido, o sea que $n = 0$, será de acuerdo a (1):

$$P(0, \lambda t) = e^{-\lambda t}$$

y el riesgo sísmico estará dado por:

$$R_T (M \geq M_0) = 1 - P(0, \lambda t)$$

fórmula de la que se obtiene la relación (2).

3. PERIODOS MEDIOS DE RETORNO

El análisis de la sismicidad del área de emplazamiento realizado en la primera parte de este estudio sísmico, mostró con claridad que dicha área se encuentra ubicada en medio de una región caracterizada por un elevado nivel de actividad sísmica. El estudio de la relación entre magnitud y frecuencia de ocurrencia de terremotos, realizado a partir de los datos instrumentales que se poseen para el período 1920-1974, con el agregado de los principales antecedentes históricos de sismos destructivos ocurridos en la región, permitió obtener los parámetros sísmicos característicos de la misma. Estos parámetros constituyeron la base fundamental a partir de la cual se analizó la probable actividad sísmica futura en la zona circundante al área de emplazamiento de la obra, obteniéndose los resultados condensados en la Tabla 1

TABLA 1

PERIODOS MEDIOS DE RECURRENCIA

Magnitud	Recurrencia (Años)
6,8	17,5
7,0	26
7,2	42
7,4	65
7,6	100
7,8	150
8,0	240

4 - CURVAS DE ATENUACION

Los parámetros que caracterizan el movimiento del suelo producido por un sismo, sufren una atenuación en su recorrido debida, principalmente, a la absorción de la energía elástica por el medio a través del cual se propagan las ondas sísmicas. Esta energía de deformación acumulada que es liberada por un terremoto en el momento de producirse el mismo, se irradia en todas direcciones desde el punto origen de la perturbación, caracterizándose dicha irradiación por no ser uniforme y depender del mecanismo de foco de cada evento. Desde el punto de vista de la ingeniería es muy importante poder determinar con suficiente exactitud como se atenúan las ondas elásticas generadas por un sismo en una región determinada, ya que los efectos de un terremoto sobre una estructura dependerán, en gran medida, de dicha atenuación, no solamente en lo referente a amplitud máxima, sino también a duración del movimiento. Para un lugar específico lo ideal sería poder construir el espectro de respuesta en el punto. Para ello deberíamos tener registros de acelerogramas de fuertes terremotos en dicho punto. En ausencia de tales registros será necesario conocer de alguna manera los valores máximos de aceleración, velocidad, desplazamiento del suelo y duración de la perturbación en el punto, para así poder llegar a reconstruir dicho espectro a partir de estos parámetros fundamentales que caracterizarán la perturbación en el sitio de emplazamiento.

La aplicación de distintas fórmulas para la obtención de estos parámetros, conducen generalmente a resul-

tados que varían notablemente entre sí. Esto es debido a que los mismos, que surgen del análisis de los pocos registros obtenidos, tienen en cuenta, no solamente, la atenuación por el fenómeno de distancia, sino también la influencia fundamental de las condiciones del suelo del lugar donde se obtuvo el registro y además los otros factores enumerados precedentemente tales como complejidad del mecanismo del sismo y los no uniformes esquemas de irradiación de la energía.

Los estudios teóricos sobre la atenuación de los diferentes tipos de ondas generadas por un sismo conducen a expresiones del tipo:

$$Y = b_1 e^{b_2 M} \left[f(R) \right]^{-b_3}$$

siendo Y la amplitud máxima del movimiento del suelo, la que puede estar dada en términos de desplazamiento, velocidad o aceleración; b_1 , b_2 y b_3 constantes características del sitio, M la magnitud Richter del sismo y R la distancia hipocentral en kilómetros.

En el caso particular de la zona de actividad sísmica circundante al área de emplazamiento del Complejo Hidroeléctrico "El Tambolar - Los Caracoles" se conocen muy pocos acelerogramas de fuertes movimientos sísmicos, no superando ninguno de estos registros una aceleración máxima del 10% de g , correspondiendo este valor al sismo de Mendoza del 25 de abril de 1967. Otros movimientos como el del 17 de agosto de 1962 y el del 11 de noviembre de 1966 registraron una aceleración máxima del orden de 5% de g . Estos resultados

instrumentales, juntamente con el análisis de los efectos producidos por los terremotos destructivos de la región, especialmente los sismos de Mendoza del 20 de marzo de 1861, del 17 de diciembre de 1920 y del 14 de abril de 1927 y los de San Juan del 27 de octubre de 1894, del 15 de enero de 1944 y del 11 de junio de 1952, nos llevaron a aplicar una fórmula para expresar la atenuación de la aceleración en función de la distancia, dada por:

$$A = 3.500 e^{0,7 M} (R + 2M)^{-2} \quad (3)$$

siendo A la aceleración máxima en suelo firme (roca), expresada en unidades c.g.s.; R la distancia hipocentral y M la magnitud Richter de cada evento.

Esta fórmula da resultados aceptables para R entre 20 y 150 kilómetros.

En la figura 1 se muestran las curvas de atenuación en función de la distancia epicentral de tres sismos con profundidad de foco de 30 kilómetros y magnitudes Richter iguales a 7,0; 7,8 y 8,0 que corresponderían a los terremotos de San Juan de 1952, 1944 y 1894, respectivamente, considerados los eventos más destructivos, cercanos al sitio de emplazamiento de la obra.

5. ESTIMACION DEL RIESGO SISMICO EN EL SITIO DE EMPLAZAMIENTO.

5.1. TERREMOTO CRITICO DE PROYECTO

Los períodos medios de recurrencia obtenidos

al estudiar la sismicidad de la región y expuestos en la Tabla 1 del presente trabajo, nos permitirán estimar, mediante la aplicación adecuada de la relación (2), el riesgo sísmico a que estará sometida la zona circundante al área de emplazamiento. Por ejemplo, el intervalo de recurrencia de un terremoto de magnitud 7,8 (San Juan, 1944) es de 150 años de acuerdo a la Tabla 1. En consecuencia la frecuencia media anual del mencionado sismo será de 0,0066. Si consideramos la vida útil de la obra (intervalo de riesgo) igual a 100 años, el riesgo de que ocurra por lo menos un terremoto de magnitud 7,8 durante ese lapso será:

$$R_{100}(M \geq 7,8) = 1 - e^{-0,0066 \times 100} = 0,488 \text{ ó } 48\%$$

En la figura 2 se muestran las curvas de riesgo sísmico en función del intervalo de riesgo, para cuatro terremotos con magnitudes 7,0; 7,5; 7,8 y 8,0 respectivamente. El análisis de este gráfico permitirá al proyectista seleccionar, de acuerdo a la vida útil de la obra y al riesgo aceptado, el Terremoto Crítico de Proyecto, el cual deberá ser considerado como el evento potencialmente más destructivo a tener en cuenta en el citado proyecto.

5.2. ACELERACION MAXIMA DE PROYECTO

Una vez seleccionado el sismo de proyecto, será necesario estimar la máxima aceleración probable a que pueda estar sometido el sitio de emplazamiento, durante la vida útil, valor que dependerá de la distancia hipocentral de a-

cuerdo a lo establecido en la relación (3).

En la figura 3 se muestran las curvas de aceleración máxima en función de la magnitud del terremoto crítico de proyecto, para una profundidad de foco de 30 kilómetros y distancias epicentrales de 0,30 y 50 kilómetros respectivamente. De esta manera el proyectista, una vez elegida la magnitud del sismo crítico de proyecto mediante la figura 2, podrá entrar con dicha magnitud al gráfico de la figura 3 y seleccionar la máxima aceleración de proyecto de acuerdo a su propio criterio respecto al riesgo que acepte para tal aceleración. Este riesgo dependerá de los resultados que se obtengan al analizar la evolución de la actividad sísmica en el punto de emplazamiento del Complejo Hidroeléctrico.

5.3. EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD SISMICA EN EL PUNTO DE EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA

Un conjunto de terremotos con magnitudes M_i , cuyos epicentros, E_i , tengan coordenadas φ_i y λ_i , registrarán en un punto cualquiera, P, el correspondiente conjunto de amplitudes máximas, A_i , considerando la atenuación de la amplitud de un movimiento sísmico con la distancia.

Si $N_p (A \geq A_0)$ es la frecuencia media anual de eventos cuya amplitud, A, iguala o supera una amplitud mínima, A_0 , la distribución de dichas amplitudes, en el Punto P puede expresarse por una relación del tipo:

$$N_p (A \geq A_0) = C_p \cdot A^{-\alpha_p} \quad (4)$$

siendo C_p y α_p constantes que caracterizan la evolución de la

actividad sísmica en el punto P.

Una vez conocidas estas constantes, se podrá determinar, mediante la aplicación de la relación (2), el riesgo a que está expuesto el punto en estudio, de superar una amplitud determinada en un intervalo fijo de tiempo, ya que:

$$R_T (A \geq A_0) = 1 - \text{Exp} (- C_p A^{-\alpha_p} \cdot T) \quad (5)$$

Para el caso particular del sitio de emplazamiento de la obra en estudio se procedió, primeramente, a determinar las amplitudes, A_i , producidas en dicho lugar por cada uno de los 2.000 sismos ocurridos en el intervalo 1920-1974 en la región circundante al área de emplazamiento. Dichas amplitudes se calcularon por la aplicación reiterada de la relación (3). En segundo término se obtuvo el valor de los coeficientes C_p y α_p para el punto, mediante el reemplazo en la fórmula (4) de las amplitudes calculadas precedentemente y de las correspondientes frecuencias. Se descartaron todas aquellas aceleraciones inferiores, en el punto, a 5 cm/seg^2 , que corresponden a una intensidad aproximada de cuatro en la escala de Mercalli Modificada. La curva obtenida se muestra en la figura 4, resultando los siguientes valores para C_p y α_p , en el punto de emplazamiento del Complejo Hidroeléctrico "El Tambolar - Los Caracoles":

$$C_p = 0,63$$

$$\alpha_p = - 1,34$$

A continuación se calcularon las frecuencias

medias anuales y los riesgos correspondientes para distintos valores de aceleración máxima y diferentes períodos de recurrencia, mediante la aplicación de la relación (5), obteniéndose los resultados que se exponen en la Tabla 2.

Los valores de distribución del riesgo en función de la máxima aceleración esperada se presentan en la figura 5, para diferentes períodos de recurrencia.

Este gráfico junto con el de la figura 3 permitirá al proyectista seleccionar la aceleración máxima de proyecto, dependiendo la misma del riesgo aceptado. Para completar la información se presenta en la figura 6 la curva de variación de la aceleración de riesgo en función del período medio de retorno que resulta del análisis de la evolución de la actividad sísmica en el punto de emplazamiento de la obra.

6 - CONCLUSIONES

Del análisis realizado en el presente trabajo para evaluar el Riesgo Sísmico en el sitio de emplazamiento del Complejo Hidroeléctrico "El Tambolar - Los Caracoles", surge que:

- 1) Para un período de vida útil de la obra mayor de 100 años el riesgo de ocurrencia de un terremoto similar al de 1944 es superior al 50%.
- 2) Si tomamos como Terremoto Crítico de Proyecto a uno de magnitud 8 con epicentro a 30 kilómetros del punto de emplazamiento y 30 kilómetros de profundidad, la aceleración máxima en roca sería de alrededor del 30% de la aceleración de la gravedad.

Tabla 2
RIESGO SÍSMICO EN EL AREA DE EMPLAZAMIENTO
DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO EL TAMBOLAR-LOS CARACOLES

LATITUD = 31.45 (S) ALFA (P) = 1.339		LONGITUD = 69.00 (N) C (P) = 0.625	
ACELERACIÓN MÁXIMA	FRECUENCIA MEDIA ANUAL	PERIODO RECURRENCIA	RIESGO SÍSMICO
5	0.07246	50.0	97.33
6	0.06675	50.0	94.14
7	0.046147	50.0	90.06
8	0.03861	50.0	85.49
9	0.03297	50.0	80.77
10	0.02863	50.0	76.11
15	0.01663	50.0	56.47
20	0.01161	50.0	43.21
30	0.00657	50.0	26.01
40	0.00447	50.0	20.03
50	0.00331	50.0	15.28
5	0.07246	100.0	99.92
6	0.06676	100.0	99.65
7	0.04517	100.0	99.01
8	0.03861	100.0	97.89
9	0.03297	100.0	96.30
10	0.02863	100.0	94.29
15	0.01663	100.0	81.05
20	0.01131	100.0	67.75
30	0.00657	100.0	48.18
40	0.00447	100.0	36.06
50	0.00331	100.0	28.23
5	0.07246	150.0	99.99
6	0.06676	150.0	99.97
7	0.04617	150.0	99.90
8	0.03861	150.0	99.69
9	0.03297	150.0	99.28
10	0.02863	150.0	98.63
15	0.01663	150.0	91.75
20	0.01131	150.0	81.68
30	0.00667	150.0	62.76
40	0.00447	150.0	48.87
50	0.00331	150.0	39.20
5	0.07246	200.0	99.99
6	0.06676	200.0	99.99
7	0.04617	200.0	99.99
8	0.03861	200.0	99.95
9	0.03297	200.0	99.86
10	0.02863	200.0	99.67
15	0.01663	200.0	96.41
20	0.01131	200.0	89.60
30	0.00657	200.0	73.15
40	0.00447	200.0	59.12
50	0.00331	200.0	48.49

- 3) Que de acuerdo a la evolución de la actividad sísmica en dicho punto, esa aceleración tiene una probabilidad de ser alcanzada del 50% en 100 años.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo fue realizado con la colaboración técnica de los señores Miguel A. ARTURO, Profesor Arnoldo FERNANDEZ y Técnico Jorge PACHECO, del Area Sismología del INPRES quienes tuvieron a cargo las tareas de procesamiento de la información en el Centro de Cómputo de la Universidad Nacional de San Juan y del Gobierno de la Provincia. Los dibujos fueron ejecutados por los señores M.ARAYA y Miguel A. ARTURO y el trabajo de dactilografía fue realizado por la señora Carmen Lobos de Díaz.

SAN JUAN, 30 de junio de 1975.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Algermissen S.T.- "Seismic Risk Studies in the United States". Proceedings of the Forth World Conference on Earthquake Engineering. Vol. 1, pag. A-1-14-27. Santiago, Chile. 1969.
- 2 - Carmona, J.S. y Castano J.C.- "Analysis of Seismic Risk on the Site of Special Constructions in Argentina". Proceedings of the International Conference on Microzonation. Vol J, pag. 249-263 - Seattle, Washington, U.S.A., 1972.
- 3 - Castano, J.C.- "Estudio de la Sismicidad del Area de Emplazamiento del Complejo Hidroeléctrico "El Tambolar-Los Caracoles", Provincia de San Juan" - Publicación Técnica N° 1, INPRES, pag. 1-32-San Juan, Argentina, 1974.
- 4 - Esteva, L. "Consideraciones Prácticas en la Estimación Bayesiana del Riesgo Sísmico" - Publicación N°248, Universidad Nacional Autónoma de México, 1970.
- 5 - Esteva L. y Rosenblueth, E.- "Espectros de Temblores a Distancias Moderadas y Grandes". Boletín de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, N° 1, Vol. II, México, 1964.
- 6 - Housner, G.W. y Jennings P.C.- "Problems in Seismic Zoning" Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake

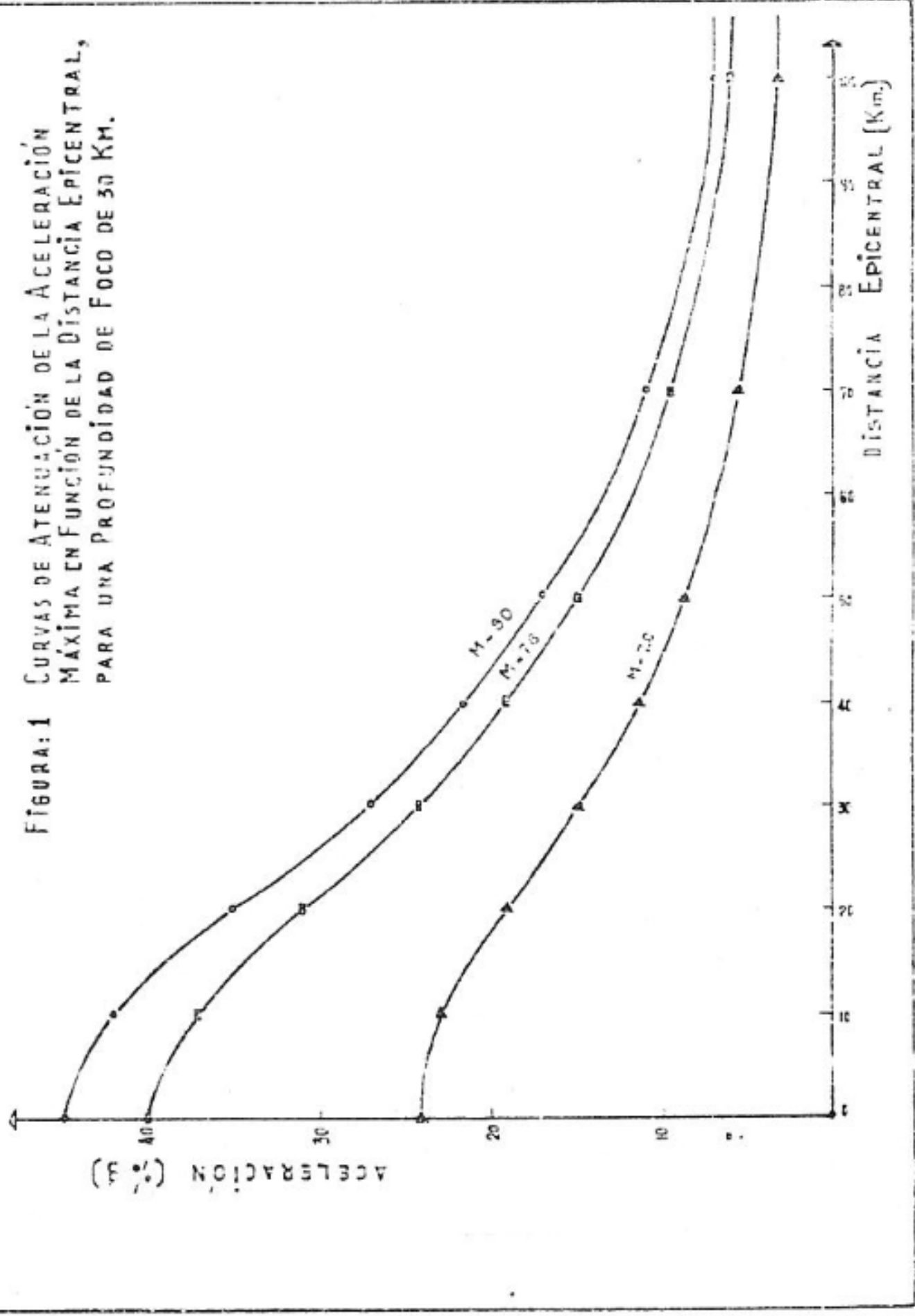
Engineering - Vol. 2 pág. 1626-1635. Roma, Italia. 1973.

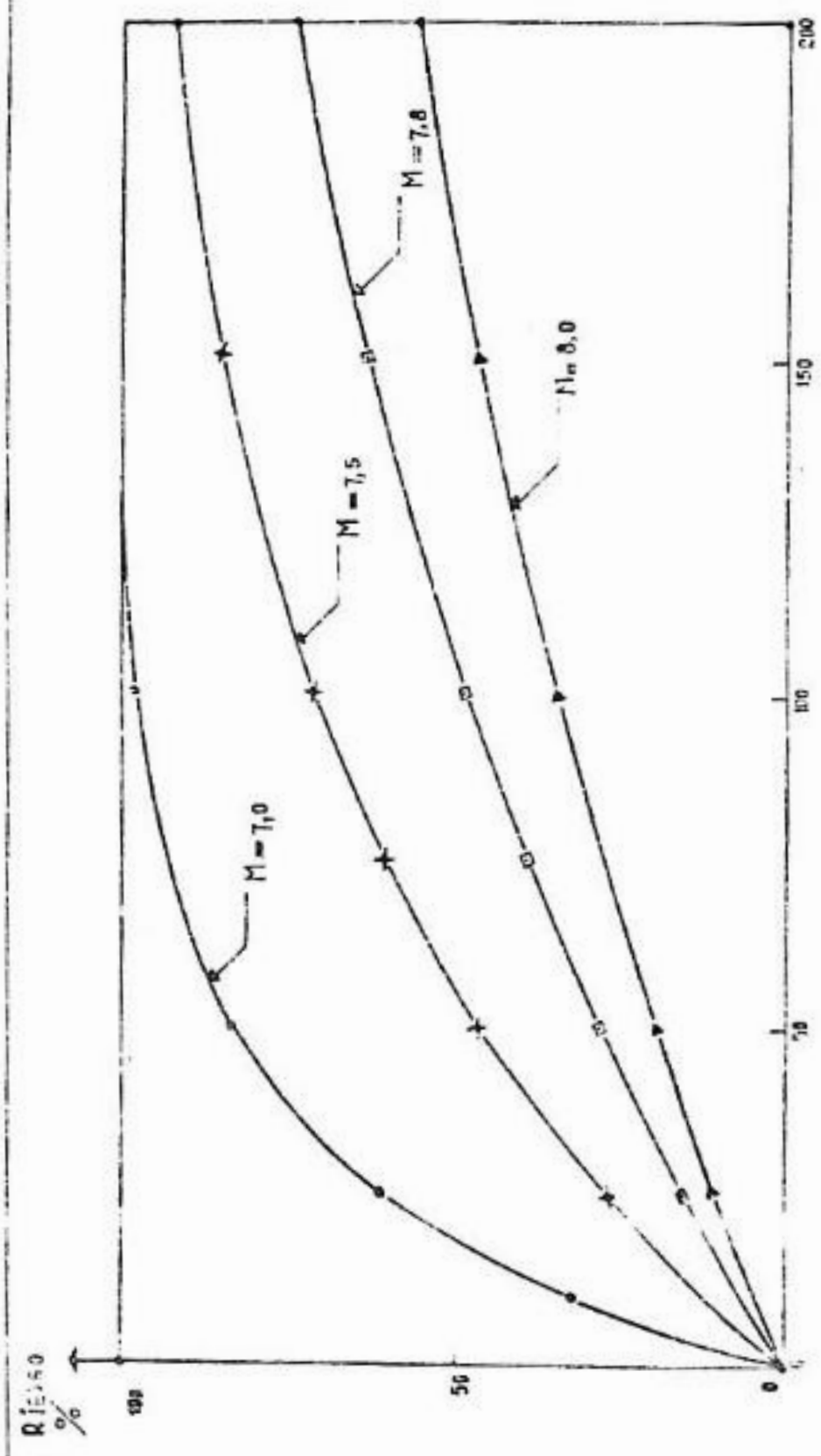
- 7 - Instituto de Investigaciones Antisísmicas. Universidad Nacional de Cuyo - "Central Nuclear Córdoba, Estudios de Riesgo Sísmico en su Emplazamiento". Comisión Nacional de Energía Atómica - Argentina, 1973.
- 8 - Lomnitz, C.-"An Earthquake Risk Map of Chile". Proceedings of the World Conference on Earthquake Engineering. Vol. 1, pág. A1-161-171. Santiago, Chile. 1969.
- 9 - Lomnitz, C."Global Tectonics and Earthquake Risk". Developments in Geotectonics, 5, Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, 1974.
- 10 - Milne. W.G. y Rogers, G.C.-"Evolutions of Earthquake Risk in Canadá". Proceedings of the International Conference on Microzonation. Vol. 1, pág.217-230. Seattle, Washington, U.S.A. 1972.
- 11 - National Oceanic and Atmospheric Administration. "Contributions to Seismic Zoning". A. United States Department of Commerce Publication. Samuel T. Harding, Editor. Report ERL 267 - ESL 30. Boulder, Colorado. U.S.A., 1973.
- 12 - Oliveira, C.S.- "Seismic Risk Analysis". Earthquake Engineering Research Center. Report N° EERC 74-1. Berkeley,

California. U.S.A., 1974.

- 13 - Rosenblueth, E. "Analysis of Risk" Fifth World Conference on Earthquake Engineering. Presentación Especial. Roma. Italia, 1973.
- 14 - Schnabel, B. y Seed, H.B.-"Accelerations in Rock for Earthquakes in the Western United States". B.S.S.A., Vol. 63, N° 2, pág. 501-516. Abril 1973.
- 15 - Yegulalp, T.M. y Kuo, J.T.- "Statistical Prediction of the Occurrence of Maximum Magnitude Earthquake". B.S.S.A., Vol. 64, N° 2, pág. 393-414. Abril 1974.

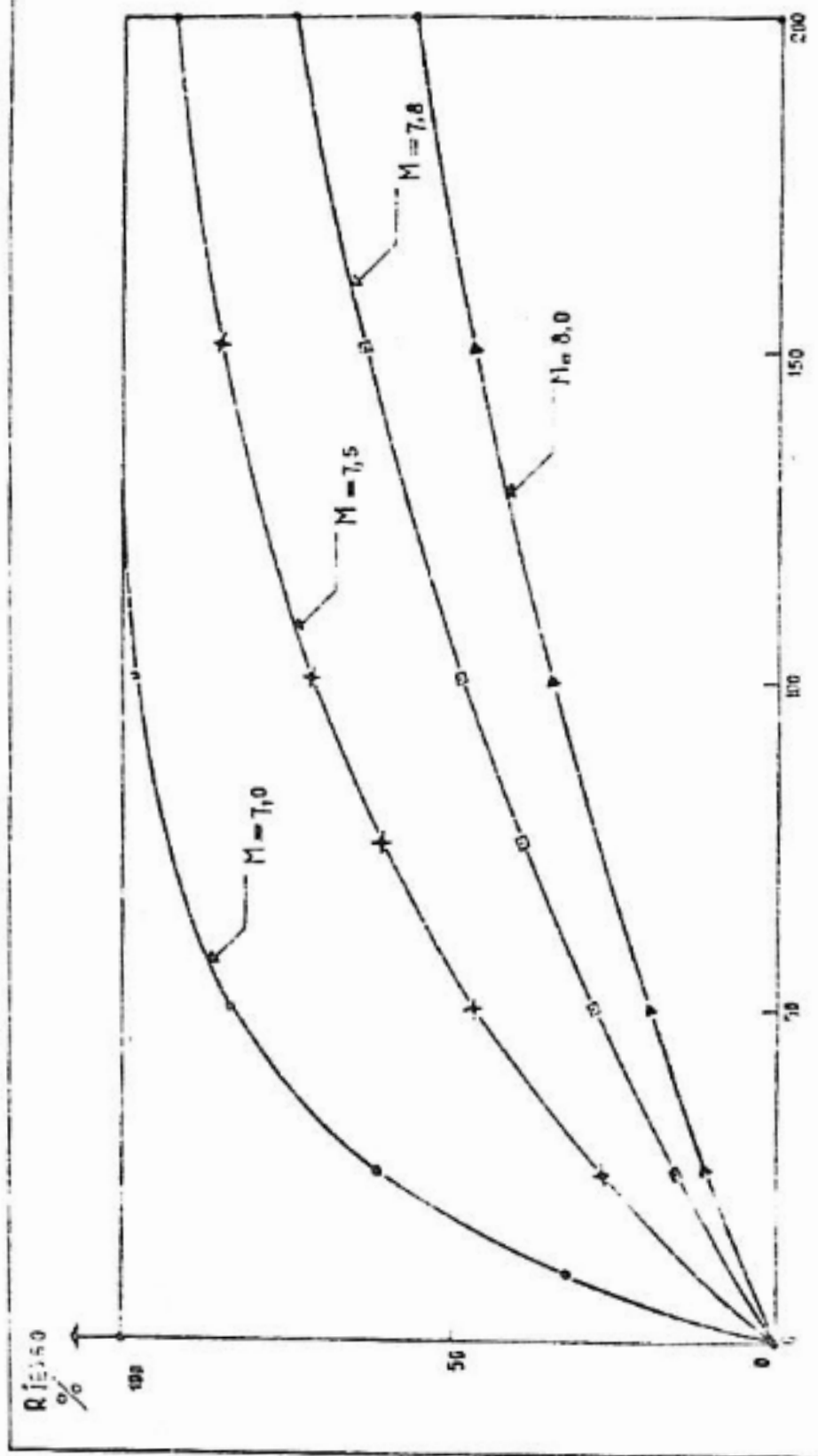
FIGURA: 1 CURVAS DE ATENUACION DE LA ACELERACION MÁXIMA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA EPICENTRAL, PARA UNA PROFUNDIDAD DE FOCO DE 30 KM.





VIDA ÚTIL DEL PROYECTO [Años]

FIGURA: 2
CURVAS DE RIESGO SÍSMICO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO,
PARA DIFERENTES MAGNITUDES



VIDA ÚTIL DEL PROYECTO [Años]

FIGURA: 2
 CURVAS DE RIESGO SÍSMICO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO,
 PARA DIFERENTES MAGNITUDES

FIGURA: 3

CURVAS DE ACELERACIÓN MÁXIMA EN
FUNCIÓN DE LA MAGNITUD DEL SISMO
BASE DE PROYECTO.

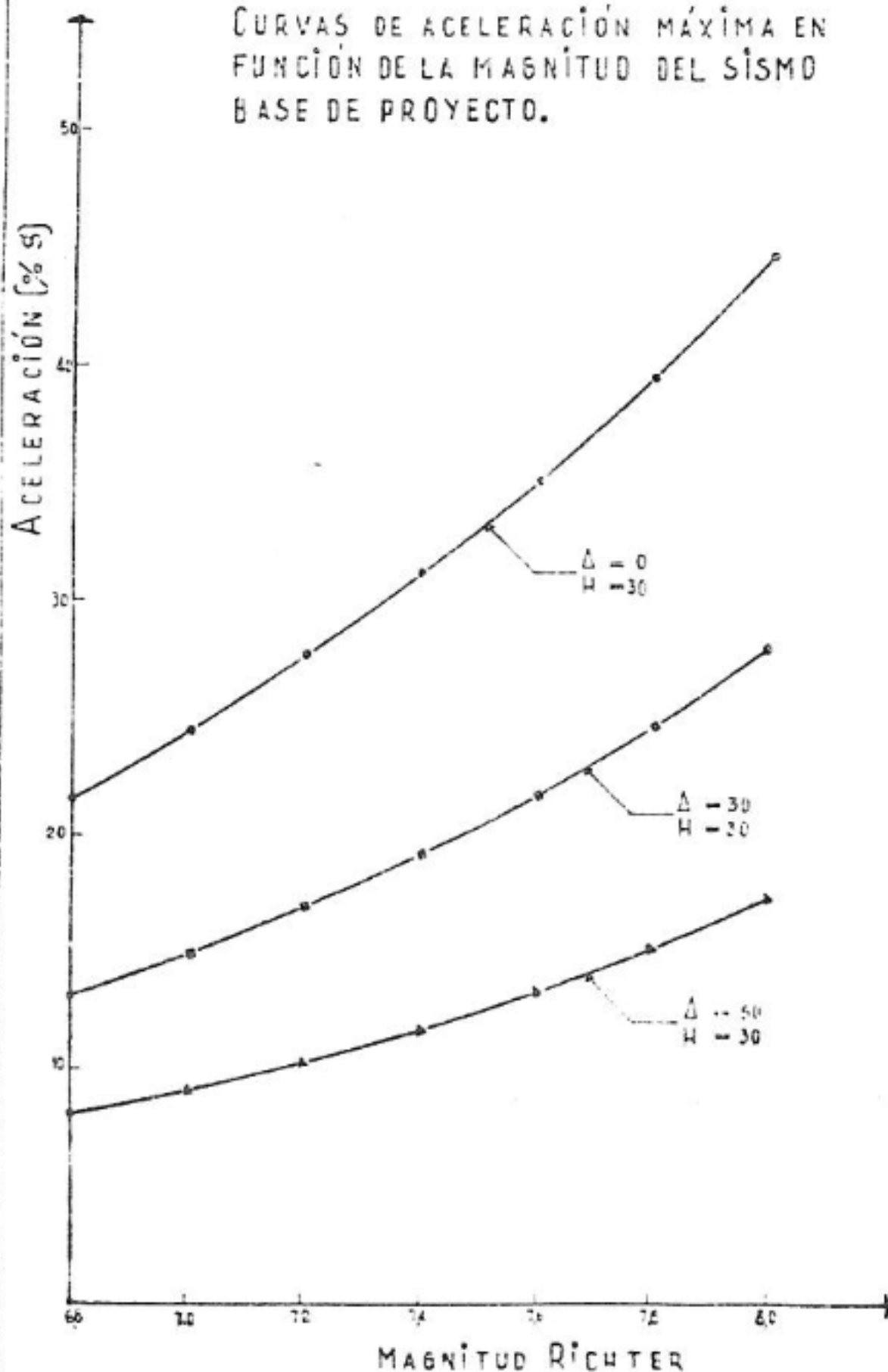
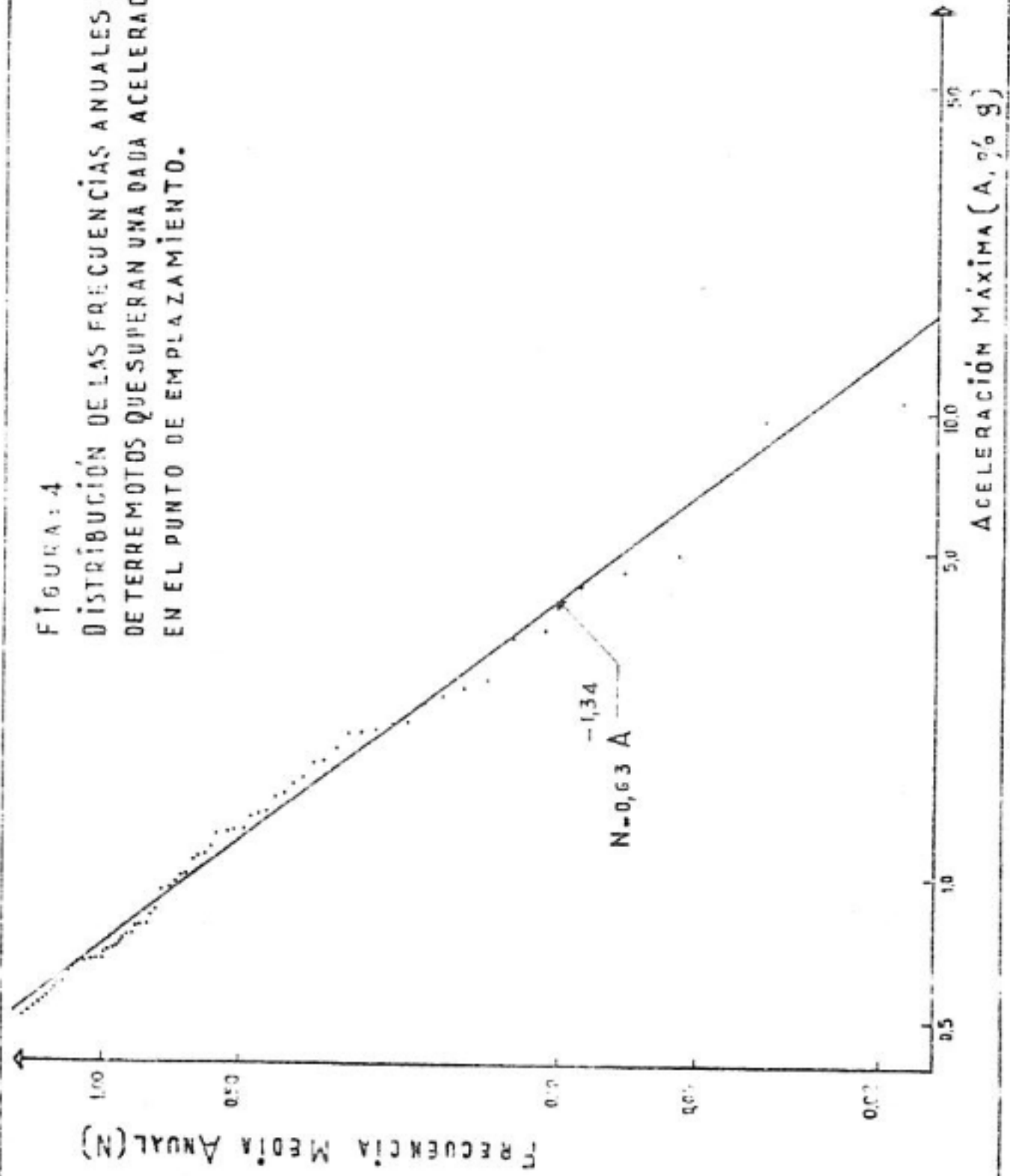


FIGURA: 4
DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS ANUALES DE OCURRENCIA
DE TERREMOTOS QUE SUPERAN UNA DADA ACELERACIÓN MÁXIMA,
EN EL PUNTO DE EMPLAZAMIENTO.



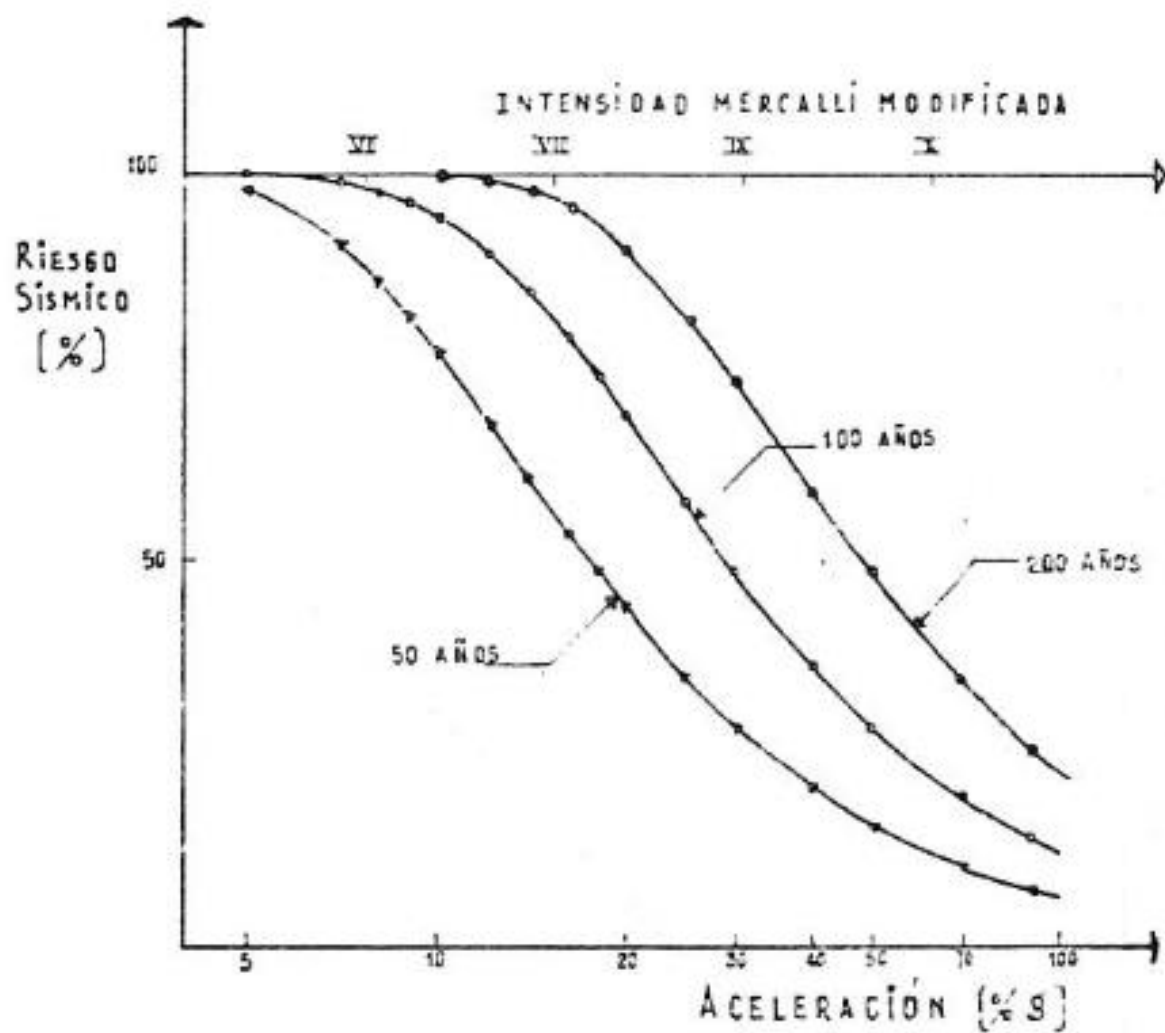


FIGURA: 5

DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN FUNCIÓN DE LA ACELERACIÓN (INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA) PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RIESGO.

FIGURA: 6

CURVA DE ACELERACIÓN DE RIESGO EN FUNCIÓN DEL PERIODO MEDIO DE RETORNO PARA EL PUNTO DE EMPLAZAMIENTO.

