



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

ZONIFICACION SISMICA DEL PERU (*)

LUCIA CASAVERDE MENDEZ

JULIO VARGAS N.

(*) PONENCIA PRESENTADA EN EL II SEMINARIO
LATINOAMERICANO DE INGENIERIA SISMICA.
LIMA 1980.

DI 80 — 04

Serie: Difusión

Diciembre 1980



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

ZONIFICACION SISMICA DEL PERU (*)

LUCIA CASAVARDE MENDEZ
JULIO VARGAS N.

(*) PONENCIA PRESENTADA EN EL II SEMINARIO
LATINOAMERICANO DE INGENIERIA SISMICA.
LIMA 1980.

DI 80 — 04
Serie: Difusión
Diciembre 1980

ZONIFICACION SISMICA DEL PERU

INDICE

- 1.- Generalidades
- 2.- Información y Procesamiento de datos
- 3.- Descripción del Tratamiento estadístico
- 4.- Mapa Preliminar de Zonificación.

RESUMEN

Se presenta un Mapa preliminar de zonificación sísmica para el Perú, basado en un estudio probabilístico de distribución de aceleraciones máximas.

1. GENERALIDADES

El concepto de "Zonificación Sísmica" ha venido evolucionando con el tiempo. Los mapas de riesgo que aparecen en los códigos de nuestros países, elaborados en muy diferentes épocas sobre bases tecnológicas distintas, entrañan contenidos muy diversos.

Algunos mapas delimitan de modo simple las observaciones sísmicas del pasado y sus efectos en las construcciones o naturaleza. Esto implica la suposición audaz de que en el futuro seguirá rigiendo la distribución sísmica propia del esquema adoptado. A este grupo pertenece la zonificación que incluía nuestra primera norma sísmica (1971).

En otros mapas se expresa un trabajo más completo. Con ciertos conocimientos de las fuentes sísmicas, se logra extrapolar las regiones que pudieran significar los diferentes niveles sísmicos y consecuentemente los efectos asociados. Las zonas sísmicas se amplían hacia aquellas áreas que, aunque durante el período de observaciones hayan permanecido relativamente calmas, potencialmente puedan desarrollar un nivel mayor de actividad. A este grupo pertenece la zonificación de las normas peruanas vigentes.

La problemática de la definición de áreas potencialmente equivalentes, cuenta hoy con nuevas herramientas que se suman a los datos básicos obtenidos por observación de los efectos en la naturaleza. El procesamiento de datos orientado a definiciones probabilísticas resulta un procesamiento eficaz y bastante más coherente. La mayor precisión alcanzada permite dividir al país en un mayor número de zonas, evaluadas con niveles de actividad sísmica diferentes.

Finalmente se prevee que, mientras hoy la zonificación tan solo pretende cuantificar la actividad sísmica con un parámetro, en el futuro sea posible asignarle a cada región una información adicional tendiente a evaluar las fuerzas sísmicas del diseño. Por ejemplo: aceleración máxima y bases de formas espectrales de respuesta estructural o sismos artificiales representativos regionales.

Debe quedar claro que la zonificación no considera de manera alguna la influencia de las condiciones locales del suelo, ni los efectos de la interacción suelo-estructura, que deberán tenerse en cuenta posteriormente en el proceso de cuantificación sísmica para un diseño racional.

Asimismo, excluye las implicancias sociales y económicas que terminan definiendo el Riesgo Sísmico.

2. INFORMACION DISPONIBLE Y PROCESAMIENTO DE DATOS

La información que ha servido de base para la realización de este trabajo, puede clasificarse en cuatro grupos:

- I Datos sísmicos instrumentales, provenientes del catálogo que proporciona el Instituto Geofísico del Perú y de la referencia (localización de epicentros, fecha, magnitud y estimación de la profundidad).
- II Datos sísmicos históricos, provenientes de la interpretación de crónicas y narraciones más recientes, en la que destaca los trabajos realizados por el profesor Enrique Silgado (distribución de intensidades en cada sismo, etc.) (2).
- III Registros de movimientos fuertes, información del Instituto Geofísico del Perú, publicaciones del U.S. Geological Survey, Dr. Raúl Husid, etc.
- IV Información geotécnica y geofísica, definición de fallas, estudios de los desarrollos neotectónicos, etc., realizadas por diversos investigadores (3, 4 ver fig. 1).

Sobre esta base informativa se ha realizado la primera etapa del procesamiento de datos que puede también clasificarse en cuatro partes.

- a) Confección de mapas de epicentros (fig. 2) identificación de regiones sísmicas, estructuras regionales tectónicas, fallas activas, etc.
- b) Correlación de información para la definición de fuentes sísmicas en concordancia con las principales características tectónicas, geológicas y sísmicas.
- c) Regionalización sísmica por distribución de intensidades (5,6).
- d) Definición de características estadísticas tales como curvas de recurrencia de cada fuente y curvas de atenuación, teniendo en cuenta su homologación con tendencias regionales, mecanismos tectónicos e interrelación con la distribución de efectos sísmicos.

Elaborada esta 1ra. etapa y elegido el modelo probabilístico se procedió al procesamiento automático de los datos (7) para obtener la aceleración,

velocidad y desplazamiento máximos esperados, como una función de distribución probabilística en las diferentes zonas del país.

Por último, se confeccionaron los mapas de distribución de aceleración máxima para tres períodos de retorno (30, 50 y 100 años), que sirvieron de base para el mapa preliminar de zonificación sísmica.

3. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Conviene puntualizar con un mayor grado de detalle la descripción de ciertas tareas que permitan evaluar el trabajo efectuado:

Como se menciona anteriormente, para estimar la probabilidad de que en un lugar se presente una intensidad particular del movimiento del suelo, deben ser revisadas la sismicidad y las características regionales de los terremotos, para luego utilizarlas en predicciones probabilísticas. Este análisis requiere una integración de información acerca de tiempos, localizaciones y tamaños (magnitudes o intensidades epicentrales) de terremotos importantes, además de información acerca de la atenuación de la intensidad (aceleración, velocidad, desplazamiento u otros parámetros) con la distancia.

La distribución de epicentros conjuntamente con consideraciones sobre las características tectónicas y geológicas del área de influencia, han permitido identificar veintisiete zonas con características sismotectónicas particulares y cuyas respectivas actividades sísmicas pueden influir de forma diversa en el riesgo sísmico de una zona de interés (Fig. 2 y 3). Gran parte de los eventos sísmicos ocurridos en el país son producto de la interacción de las placas de Nazca y Sudamericana. Estas zonas sismogénicas fueron seleccionadas de tal forma que representan los procesos tectónicos que continúan trabajando en el Perú.

El hecho de que la parte subyacente de la Placa de Nazca sea más profunda conforme avanza bajo el continente, determina las diferentes características sísmicas entre el litoral y el interior del país. Esto condujo a distinguir las fuentes de la Costa y las del continente. Adicionalmente, corresponde efectuar particiones transversales de las fuentes en virtud del cambio de buzamiento de la superficie de Benioff con la latitud. Dichas particiones coinciden con accidentes geológicos de importancia, como cambios de rumbo de las estructuras geológicas (deflexiones de Huancabamba, Cajamarca, y Abancay) (8, 9, 10, 11, 12 y 13, ver fig 1)

Las fuentes 1, 2, 3, 4 (en la Costa del Perú) representan los sismos superficiales de la zona de Benioff (10-60 Km.)

Las fuentes 6, 8, 11, 13, 16, 17, 20 y 23 corresponden a sismos superficiales (5-60 Km) asociada a la actividad sísmica regional (andina).

Las fuentes 5, 7, 10, 12, 15, 18, 21, 24 corresponden a sismos de profundidad intermedia (70-110 Km.) relacionados con la superficie de Benioff.

La Fuente 9 está asociada a la Falla de Huaytapallana.

Las Fuentes 14 y 19 podrían estar asociadas a fallas aún no definidas, por ello se les consideró como fuentes independientes.

Las Fuentes 22 y 25 (zona de la Selva) representan los sismos profundos en la superficie de Benioff (525-660 km.).

Las Fuentes 26 y 27 del Norte de Chile con influencia en el Perú, corresponden a sismos superficiales y de profundidad intermedia respectivamente (1).

Una vez delineadas las fuentes sísmicas se procedió a efectuar el análisis estadístico de los datos de cada una de ellas, correspondientes a los períodos 1913 - 1976 para el Perú y 1913 - 1970 para Chile. Se calcularon los parámetros de la tasa de actividad sísmica (λ m₀) y de recurrencia (b) (14, 15, 16 y 17) para dos períodos uno anterior y otro posterior a 1963, encontrándose resultados consistentes como se puede apreciar en la Tabla 1.

Las relaciones de recurrencia correspondientes a cada fuente se pueden apreciar en las figuras 4, 5, 6 y 7. Se trabajó con magnitudes de ondas superficiales. Las máximas magnitudes usadas en el análisis de riesgo sísmico son las máximas encontradas a cada fuente sísmica.

En los Estados Unidos los valores de "b" que se reportan están en el rango de 0.67 a 1.29. Evernden (18) encontró 1.11 como valor de "b" para la región central de sudamérica. Los valores de "b" hallados para la zona en estudio son consistentes.

El elemento mas importante en el análisis del Riesgo Sísmico es la atenuación de la energía. Las Leyes de atenuación fueron calibradas (14) en base a las señales de terremotos peruanos procesadas por A.G. Brady y V.

Perez (USGS 1977), con los siguientes resultados:

Atenuación de la Aceleración (Figura 8):

$$a = 68.7 e^{0.8M} (R + 25)^{-1.0}$$

Atenuación de la velocidad (Figura 9):

$$V = 13 e^{1.0M} (R + 25)^{-1.5}$$

Atenuación del Desplazamiento (Figura 10):

$$d = 0.41 e^{1.2M} (R + 25)^{-1.3}$$

donde:

a, es la aceleración del suelo en cm./seg.²

v, es la velocidad del suelo en cm./seg.

d, es el desplazamiento del suelo en cm.

M, es la magnitud de ondas superficiales (MS)

R, es la distancia hipocentral en Km.

Como es conocido, la mayor fuente de incertidumbre en los estudios de riesgo sísmico está dada por la atenuación de la energía sísmica. La Figura 11 muestra la relación de atenuación ajustada y los puntos que sirvieron de base para obtenerla. Asimismo, la Figura 12 muestra la verificación de la pendiente seleccionada para la relación de atenuación de aceleraciones, a través de las relaciones empíricas de la intensidad (MMI) con la distancia epicentral en terremotos peruanos, y en base a las relaciones entre dichas intensidades y las aceleraciones máximas del suelo.

La atenuación de la velocidad y de los desplazamientos es normal en relación con las señales de otras partes del mundo.

Conocida esta información se puede calcular el riesgo en términos de aceleraciones máximas.

La teoría en la cual está basado el análisis de Riesgo Sísmico en su forma más elemental está representada por el Teorema de la Probabilidad Total (7, 15, 16 y 17):

$$P(A) = \int \int P(A|M=r, r) \cdot f_m(m) \cdot f_r(r) \, dm \cdot dr. \quad (1)$$

Donde P indica la probabilidad, A es el evento cuya probabilidad es buscada; M y R son variables aleatorias continuas independientes que influyen en A. Si expresamos la relación (1) en palabras diríamos que, la probabilidad de que A ocurra puede ser calculada multiplicando la probabilidad condicional de A, dados los eventos m y r, por las probabilidades (independientes) de m y r, e integrando sobre todos los valores de m y r. En nuestro caso A representa el evento cuyo valor específico del movimiento del suelo, pueda ser excedido en el lugar de interés durante un terremoto. Las variables m y r representan, el tamaño del terremoto (magnitud o intensidad epicentral MMI) y distancia del lugar de interés (epicentral o hipocentral). Esta teoría toma en cuenta la aleatoriedad del tamaño y la localización de los eventos.

El cálculo del riesgo se realizó utilizando el programa automático de Robin McGuire (7), mediante el cual se logra representar eficientemente la superficie de Benioff dividiendo las fuentes en subfuentes a diferentes profundidades, lográndose así un modelo más realista de la actividad sísmica.

4. MAPA PRELIMINAR DE ZONIFICACION

De los resultados obtenidos se presenta en las figuras 13, 14 y 15, la distribución de aceleraciones máximas esperadas en suelo firme para tres períodos de retorno (30, 50 y 100 años).

Dejando de lado momentáneamente la intensidad de las aceleraciones, se aprecia en los tres mapas un esquema semejante de distribución de las mismas. Tomando como referencia la ciudad de Lima (con sismicidad semejante a la gran parte del litoral), a efectos de una normalización se trazó en cada mapa las curvas correspondientes a aceleraciones del 160, 70 y 40% respectivamente, que delimitan cuatro zonas en el país. La coincidencia de dichas curvas en los tres mapas fue notoria y se tomó una curva promedio conservadora para la propuesta de zonificación.

De esta manera, para cuantificar el parámetro de zonificación que utilizan las normas peruanas podrían regír los siguientes nuevos valores:

Zona I	Z = 1.6
Zona II	Z = 1.0
Zona III	Z = 0.7
Zona IV	Z = 0.4

La Figura 16 muestra la zonificación mencionada, que se presenta como un mapa preliminar al que se le deberán hacer los ajustes propios de una crítica interdisciplinaria fundamentada.

Resulta interesante comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los del único otro estudio de distribución probabilística de aceleraciones y velocidades hecho para el Perú (S. Hattori), aunque este último fue realizado dentro de un estudio muy amplio con fines de comparación directa de mapas de riesgo sísmico con los realizados por él mismo para Japón y China (19).

Como ya se ha mencionado, la fuente de mayor incertidumbre en los análisis de riesgo sísmico está asociado a las curvas de atenuación (20, 21 y 22). Estudios realizados en la Pontificia Universidad Católica del Perú, revelan lo mismo. En la figura 17 se muestra cuatro curvas de atenuación ensayadas para la ciudad de Lima y en la fig. 18 los resultados de la evaluación de las aceleraciones máximas utilizando dichas curvas, según el nivel de riesgo deseado. Como ilustración de la sensibilidad de esta variable, consideremos un período de retorno de 100 años y podremos observar variaciones en la evaluación de la aceleración máxima de 250 y 300% entre las curvas correspondientes a las expresiones F^4 vs. F^2 y F^3 respectivamente de la atenuación de la aceleración. En el presente trabajo se utilizó la curva F^1 , que produce riesgos intermedios (fig. 18).

En el estudio de S. Hattori se empleó para todos los países una misma curva de atenuación, promedio de las ajustadas por Sousa Oliveira y por McGuire para dos realidades que naturalmente difieren mucho de la del Perú.

Este hecho a nuestro juicio convierte sus conclusiones en meramente referenciales al menos en términos cuantitativos. Esta advertencia debe considerarse al momento de intentar extraer conclusiones prácticas. Sin embargo, la distorsión en la distribución relativa de los diferentes niveles de aceleración o velocidad es menor y pueden utilizarse los resultados como elementos de comparación o corroboración.

Tanto el mapa del presente trabajo, como el de S. Hattori (ver fig. 19) muestran altos niveles de sismicidad en puntos que hasta han pasado desapercibidos por los intentos de zonificación anteriores, siendo el caso más relevante el del Departamento de Tumbes, en el extremo de la Costa norte del país. De la comparación de los mapas de las figuras 16 y 19 se desprende la justificación de la única variación efectuada en las curvas de la zonificación propuesta, respecto a la curva promedio de distribución de aceleraciones

(línea de elementos de la fig. 16, zona central del país).

Para un mismo período de retorno las aceleraciones máximas correspondientes a este trabajo, son significativamente mayores que las referidas en el de S. Hattori, principalmente debido a la menor atenuación de aceleraciones del modelo ajustado específicamente con los sismos peruanos registrados en Lima. Este fenómeno ha sido corroborado una vez más (sismos del 66, 70 y 71) en el reciente terremoto de Arequipa (1979).

Queda manifiesta la urgente necesidad de instalar un mayor número de acelerógrafos en el país, ubicados en puntos estratégicos para estudiar las curvas de atenuación del movimiento, con diversos rumbos y a través de diferentes medios de trayectoria, pues hasta el momento sólo existen datos para evaluar la atenuación de la energía sísmica relacionada con los terremotos cuyos epicentros se encuentran en el mar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Labbe J.C. y Saragoni R. (1976), "Sismicidad en Chile", Universidad de Chile.
- 2.- Silgado E., (1968) "Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú (1915-1960)", Boletín Bibliográfico de Geofísica y Oceanografía Americanas.
- 3.- Mapa Geológico del Perú, (1975) Instituto de Geología y Minería.
- 4.- Dalmayrac B., Marocco R. y Laubacher G., (1977). Geologic des Andes Peruviennes, Caracteres Generaux de L'evolution Geologique des Andes Peruviennes". Tesis de Doctorado de Estado, Montpellier, Francia.
- 5.- Chávez J., (1975) "Regionalización Sísmica del Perú mediante Intensidades", Tesis de Grado U.N.I.
- 6.- Husid, R. y Vargas J., (1975), "Análisis Crítico de la Norma Peruana".
- 7.- MacGuire R.K., (1976). "Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis", U.S.G.S.
- 8.- Marocco R., ORSTOM. Comunicación personal.
- 9.- Deacon R.J. y otros, (1979). "Preliminary Tectonic, Seismic and Geologic Considerations for Earthquake Design for Lima, Peru".
- 10.- Cabre S.J. y otros, (1976), "Geometry of the Nazca Plate and its Geodynamic Implication".
- 11.- James D.E. "Magmatic and Seismic Evidence for Subduction of the Nazca Plate beneath Central Peru".
- 12.- Mégard F., (1979) "Estudio Geológico de los Andes del Perú Central", Instituto Minero y Metalúrgico.
- 13.- Deza E., (1969). "Estudio Preliminar sobre las zonas de transición que separan posibles Regiones Sismotectónicas del Margen Occidental de Sudamérica: Zona de Transición en el Perú". I Congreso Nacional de

Sismología e Ingeniería Antísmica Lima-Perú.

- 14.— Vargas J., y Casaverde L., (1979). "Análisis de Riesgo Sísmico para el Reactor Nuclear RP10 de Huarangal". (Inédito-Información Reservada).
- 15.— Cornell C.A., (1968). "Engineering Seismic Risk Analysis" Seismol. Soc. America Bull.
- 16.— Cornell C.A., (1971). "Probabilistic Analysis of Damage to Structures under Seismic Load.
- 17.— Mecz H.A. y Cornell C.A., (1973). "Seismic Risk Analysis based on a quadratic Magnitude - Frequency Law". Seismol. Soc. America Bull.
- 18.— Everden J.F., (1970). "Study of Regional Seismicity and Associated Problems", Seismol. Soc. America Bull.
- 19.— Hattori S., (1979). "Seismic Risk Maps in the World (Maximum Acceleration and Maximum particle velocity) (II) Balkan, Middle East, Southeast Asia, Central America, South America and others".
- 20.— Der Kiureghian A., (1978). "Seismic Risk Analysis including Attenuation Uncertainty".
- 21.— Hays W.W., (1978). "A General Procedure for estimating Earthquake Ground Motions".
- 22.— Idriss I.M., (1978). "Characteristics of Earthquake Ground Motions".

RECONOCIMIENTO:

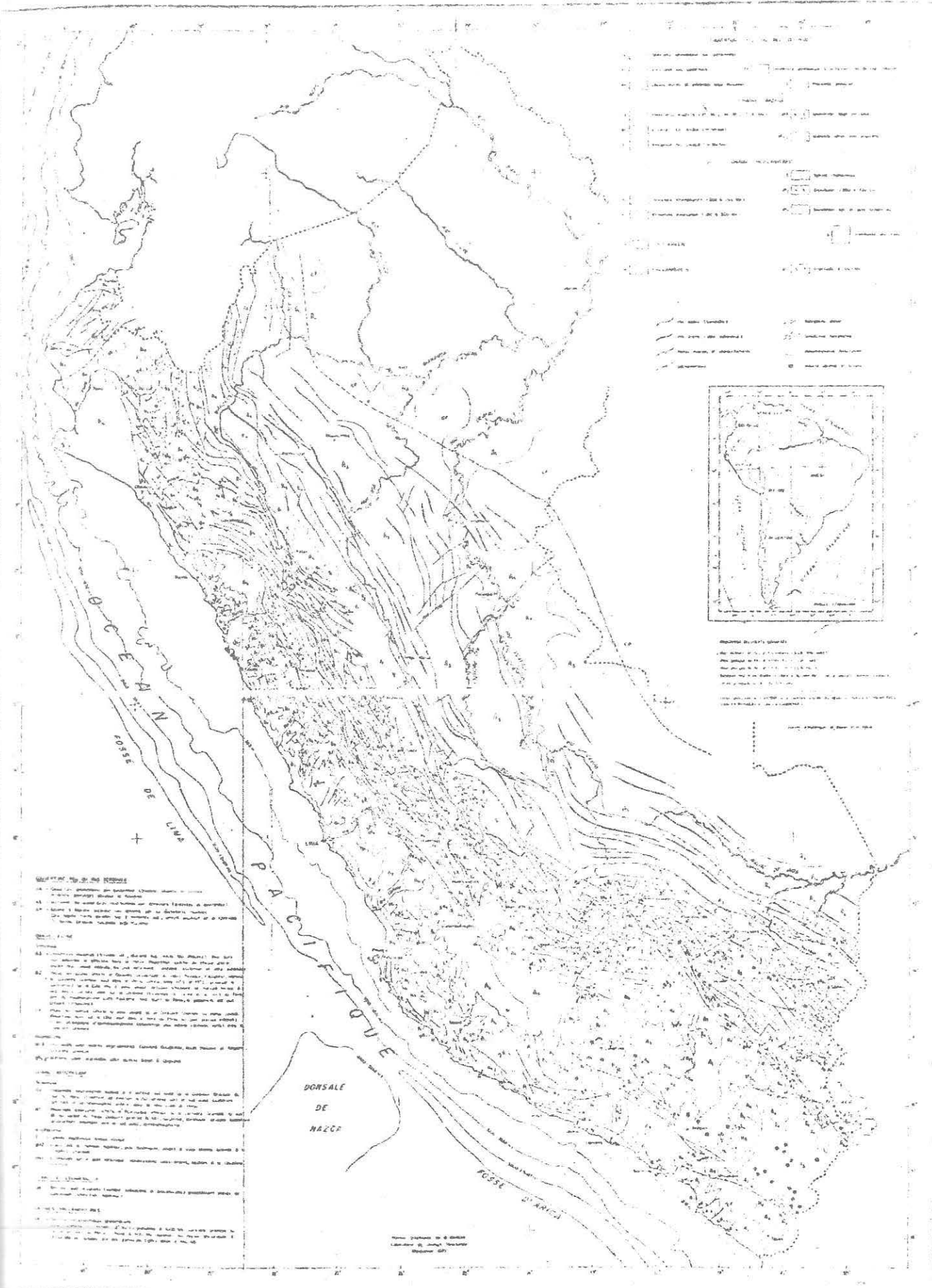
Agradecemos al Dr. Robin McGuire por orientarnos en la introducción a las técnicas del Análisis de Riesgo Sísmico y por sus observaciones a nuestro trabajo sobre el complejo caso peruano.

-FIG1- CARTE TECTONIQUE DU PEROU

CGP 1964

Service de Géologie et de Mines

1964



LEGENDA

1. Zones tectoniques principales

2. Zones tectoniques secondaires

3. Zones tectoniques tertiaires

4. Zones tectoniques quaternaires

5. Zones tectoniques actuelles

6. Zones tectoniques anciennes

7. Zones tectoniques disparues

8. Zones tectoniques en formation

9. Zones tectoniques en extinction

10. Zones tectoniques en sommeil

11. Zones tectoniques en éveil

12. Zones tectoniques en mouvement

13. Zones tectoniques en repos

14. Zones tectoniques en tension

15. Zones tectoniques en compression

16. Zones tectoniques en cisaillement

17. Zones tectoniques en rotation

18. Zones tectoniques en translation

19. Zones tectoniques en dilatation

20. Zones tectoniques en contraction

21. Zones tectoniques en expansion

22. Zones tectoniques en rétraction

23. Zones tectoniques en relaxation

24. Zones tectoniques en consolidation

25. Zones tectoniques en déconsolidation

26. Zones tectoniques en cimentation

27. Zones tectoniques en décimentation

28. Zones tectoniques en métamorphisme

29. Zones tectoniques en métasomatose

30. Zones tectoniques en métaséquestration

31. Zones tectoniques en métaséquestration

32. Zones tectoniques en métaséquestration

33. Zones tectoniques en métaséquestration

34. Zones tectoniques en métaséquestration

35. Zones tectoniques en métaséquestration

36. Zones tectoniques en métaséquestration

37. Zones tectoniques en métaséquestration

38. Zones tectoniques en métaséquestration

39. Zones tectoniques en métaséquestration

40. Zones tectoniques en métaséquestration

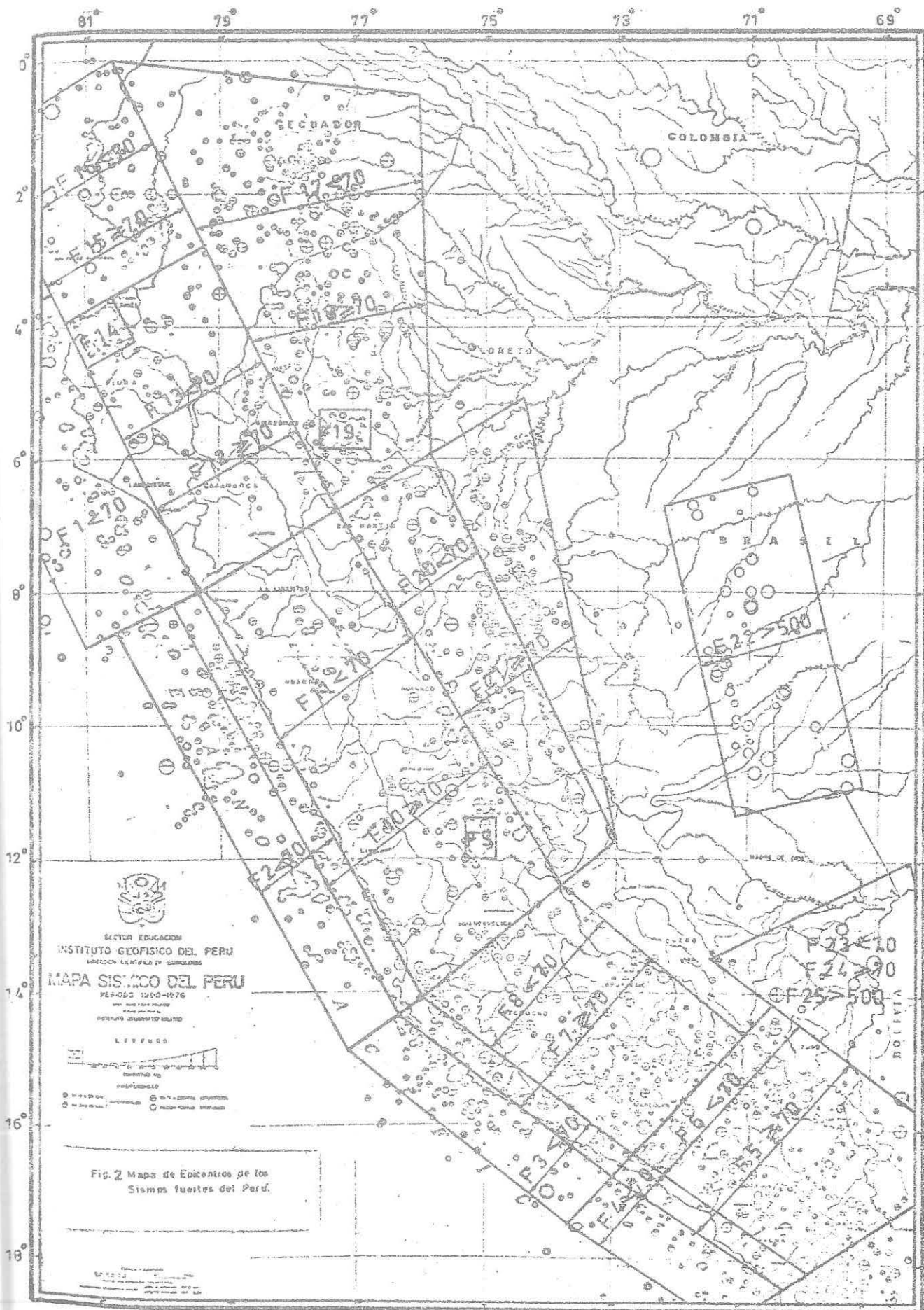
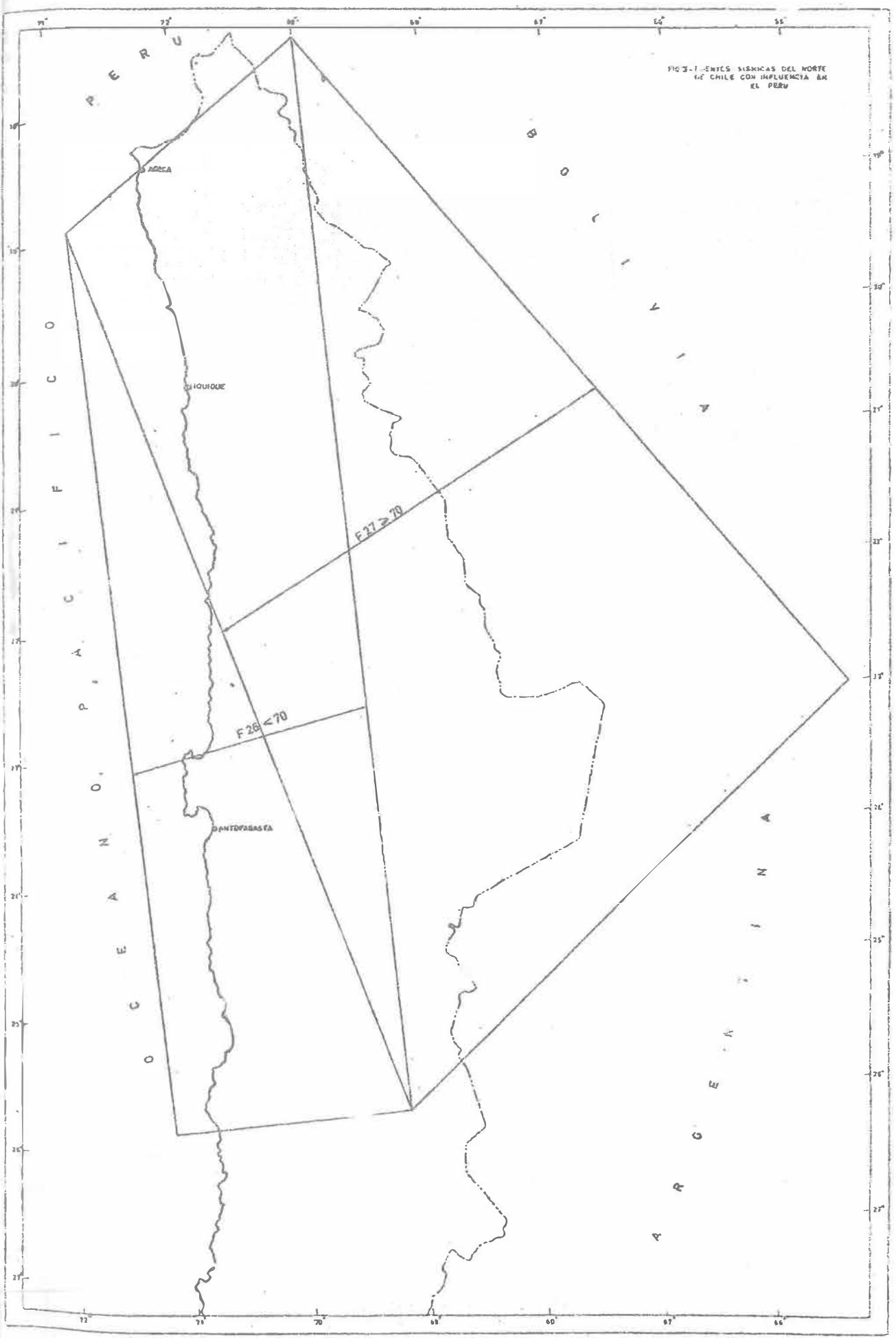
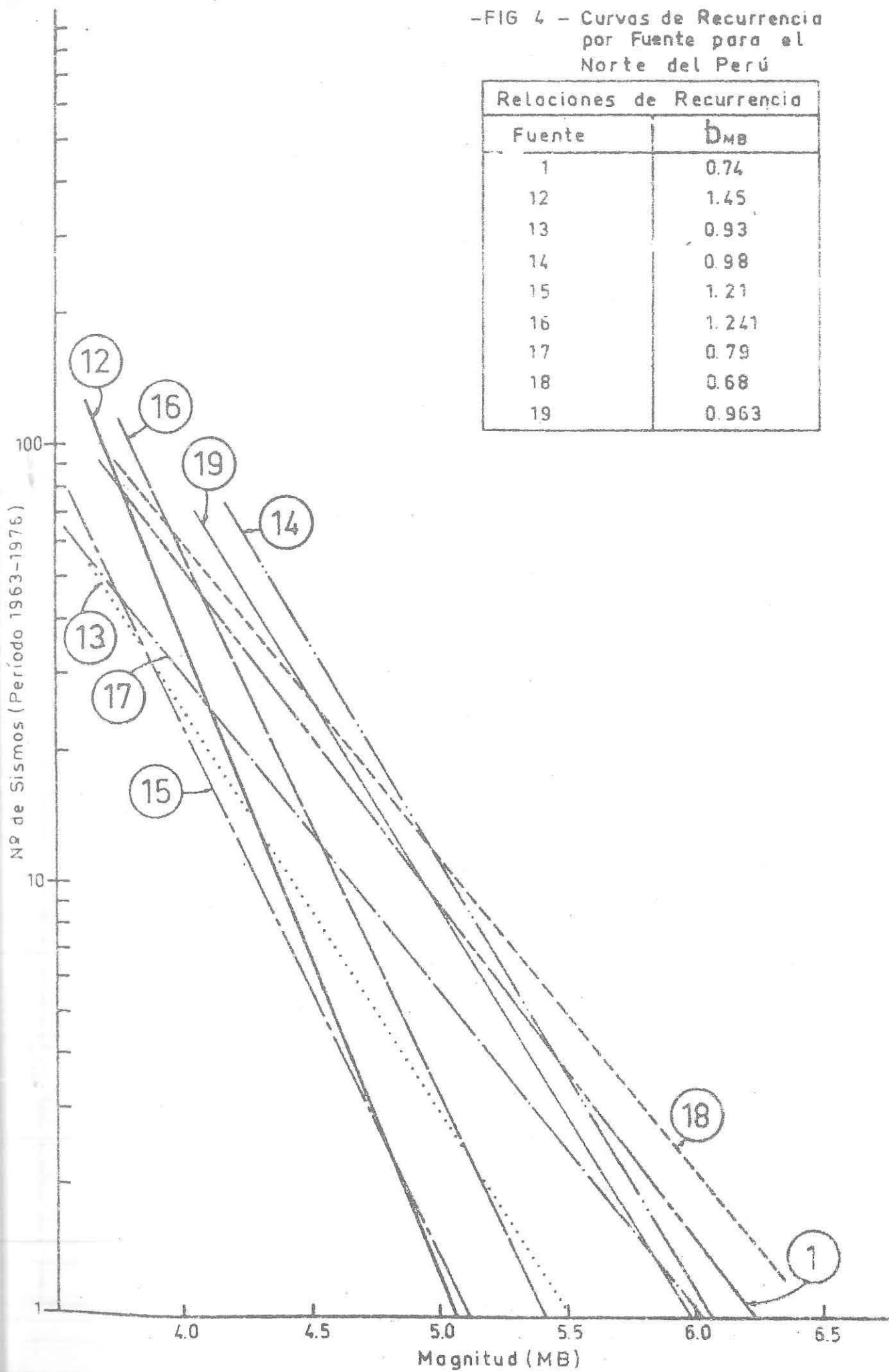


FIG 3-1 ENTES SISMICAS DEL NORTE
DE CHILE CON INFLUENCIA EN
EL PERU



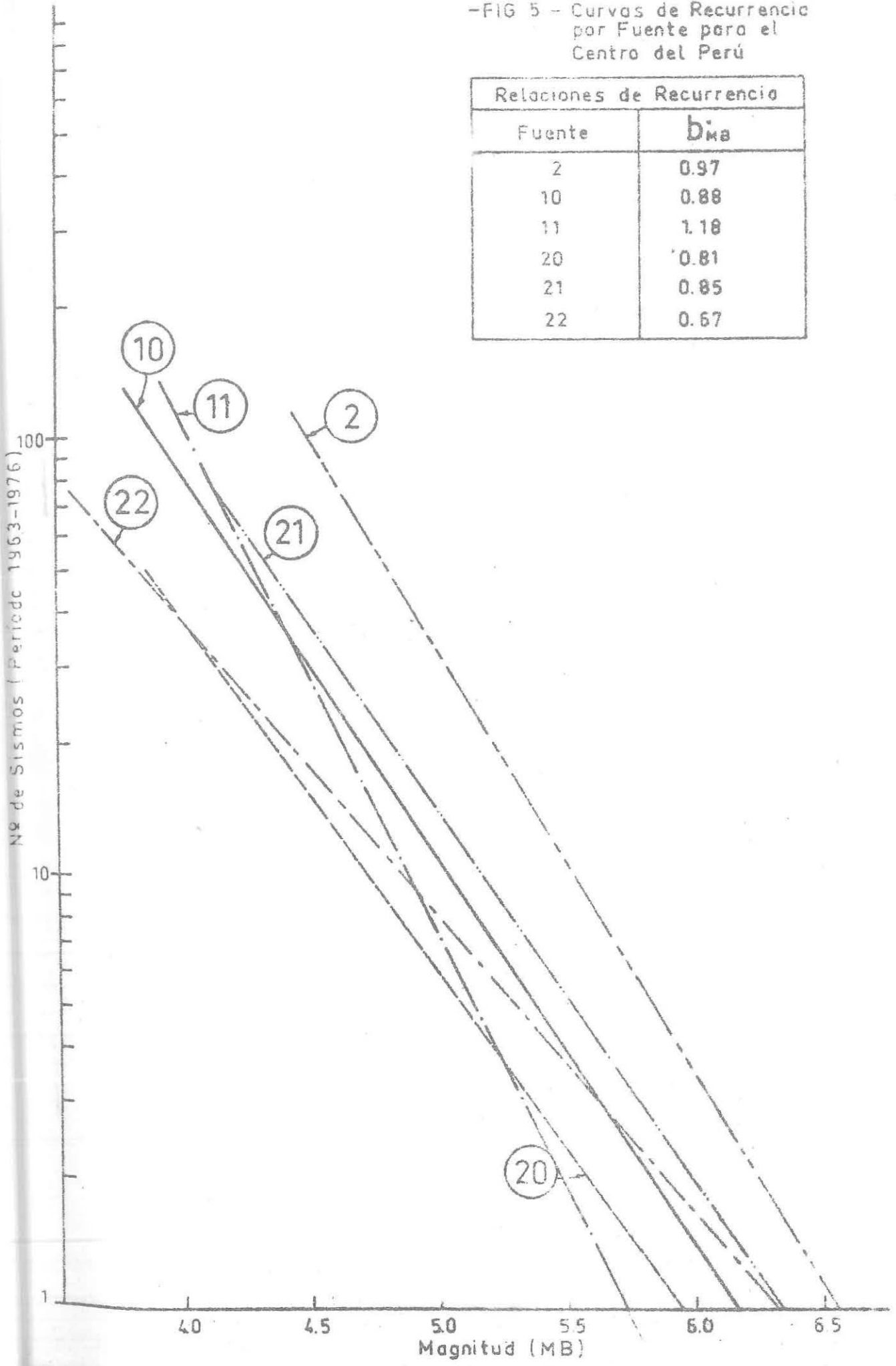
-FIG 4 - Curvas de Recurrencia por Fuente para el Norte del Perú

Relaciones de Recurrencia	
Fuente	b_{MB}
1	0.74
12	1.45
13	0.93
14	0.98
15	1.21
16	1.241
17	0.79
18	0.68
19	0.963



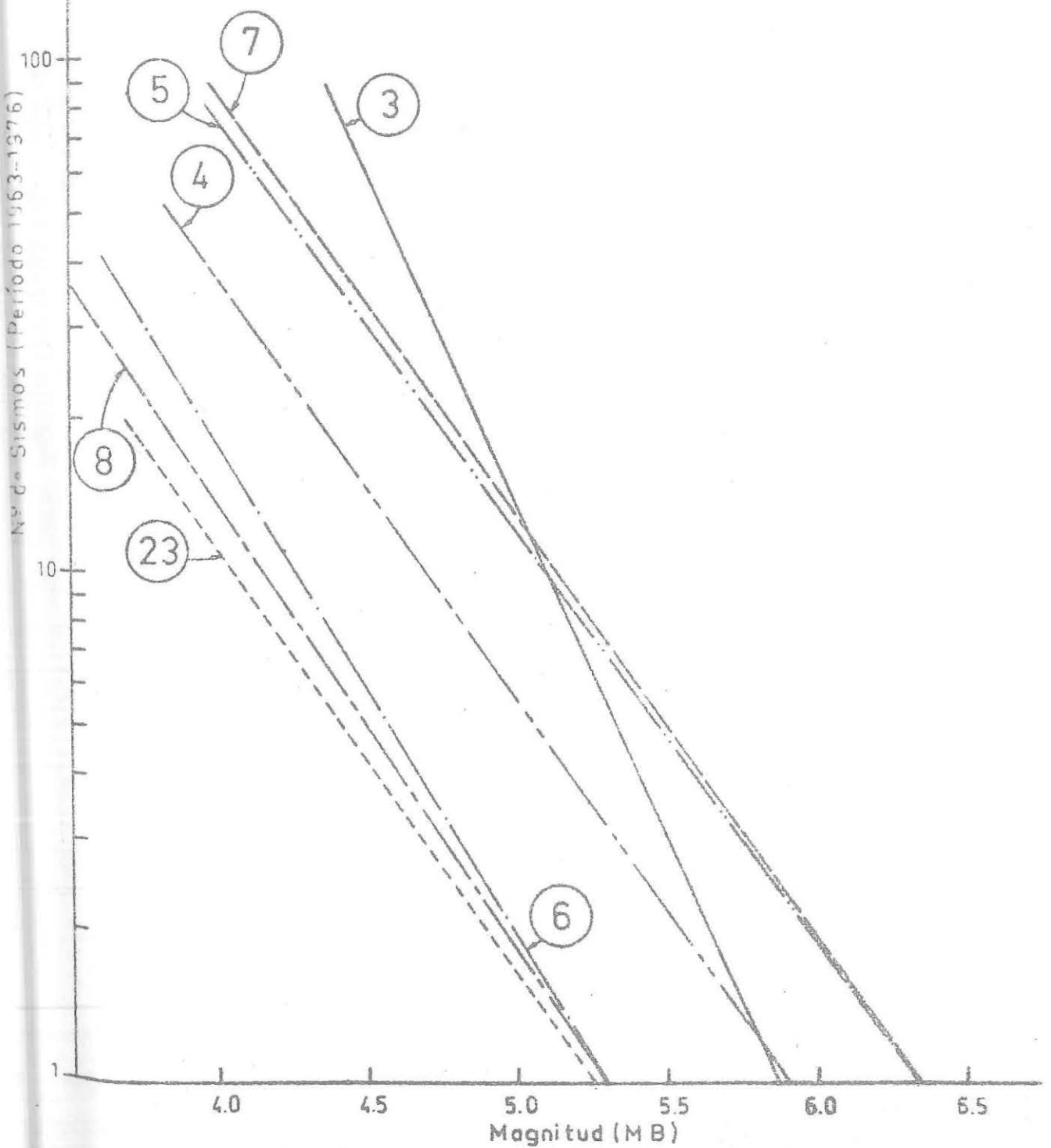
-FIG 5 - Curvas de Recurrencia por Fuente para el Centro del Perú

Relaciones de Recurrencia	
Fuente	b_{MB}
2	0.97
10	0.88
11	1.18
20	0.81
21	0.85
22	0.67



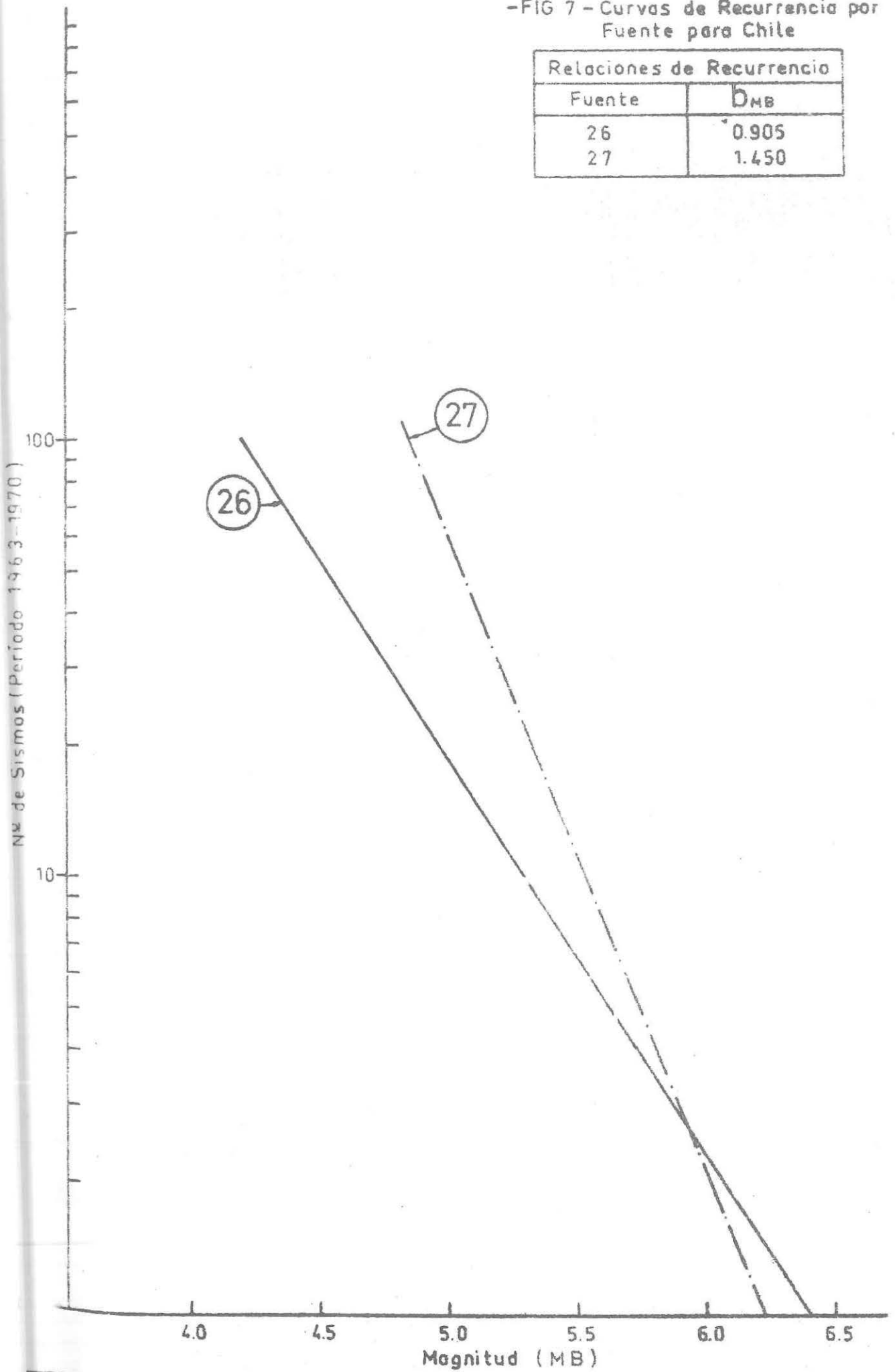
-FIG 6 - Curvas de Recurrencia por Fuente para el Sur del Perú

Relaciones de Recurrencia	
Fuente	b_{MB}
3	1.30
4	0.834
5	0.814
6	0.965
7	0.815
8	0.870
23, 24, 25	0.814



-FIG 7 - Curvas de Recurrencia por Fuente para Chile

Relaciones de Recurrencia	
Fuente	D_{MB}
26	0.905
27	1.450



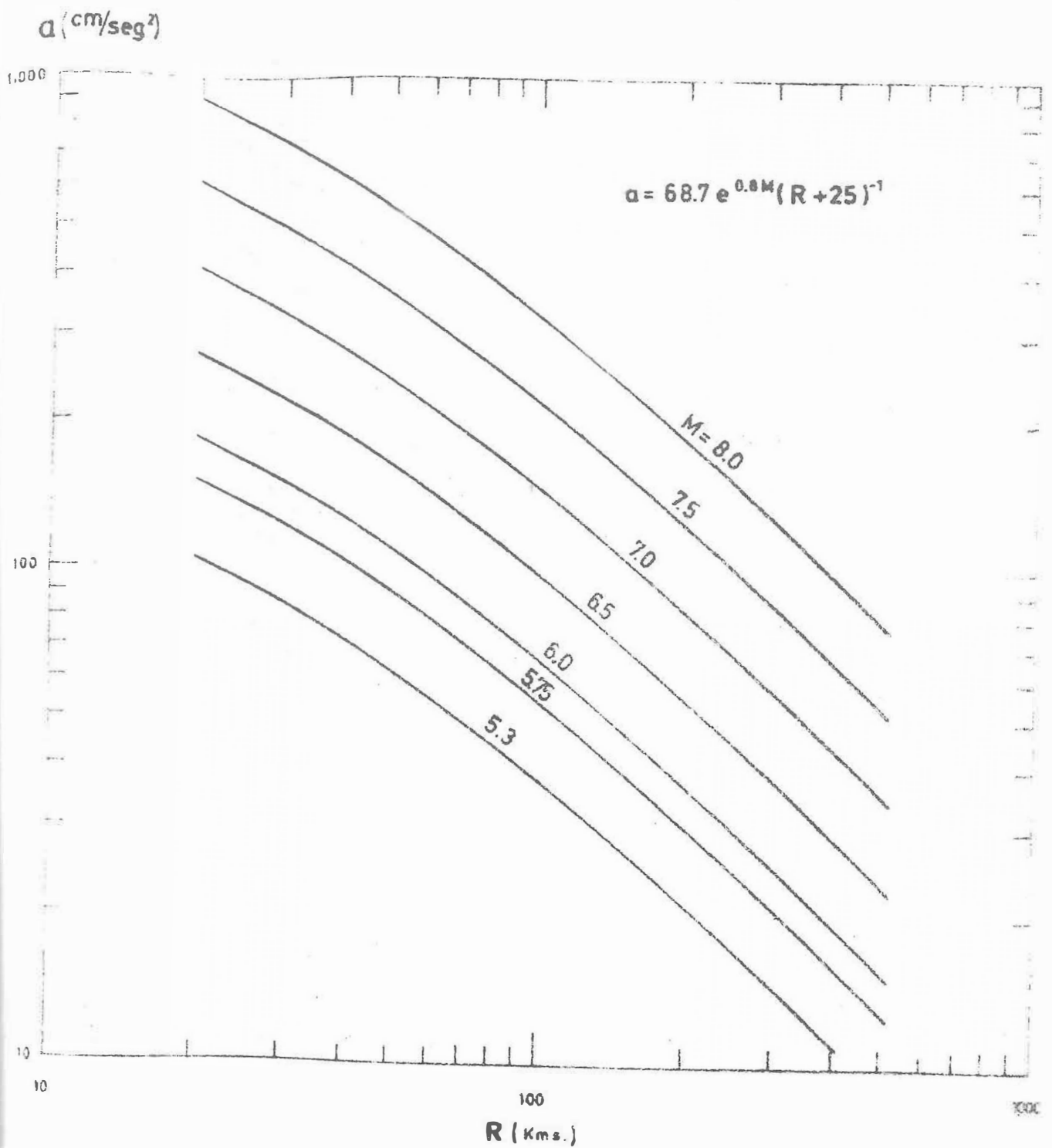


Figura 8 - Atenuación de la Aceleración Máxima del Suelo, según el Nivel de Magnitud de los Sismos (M_s).

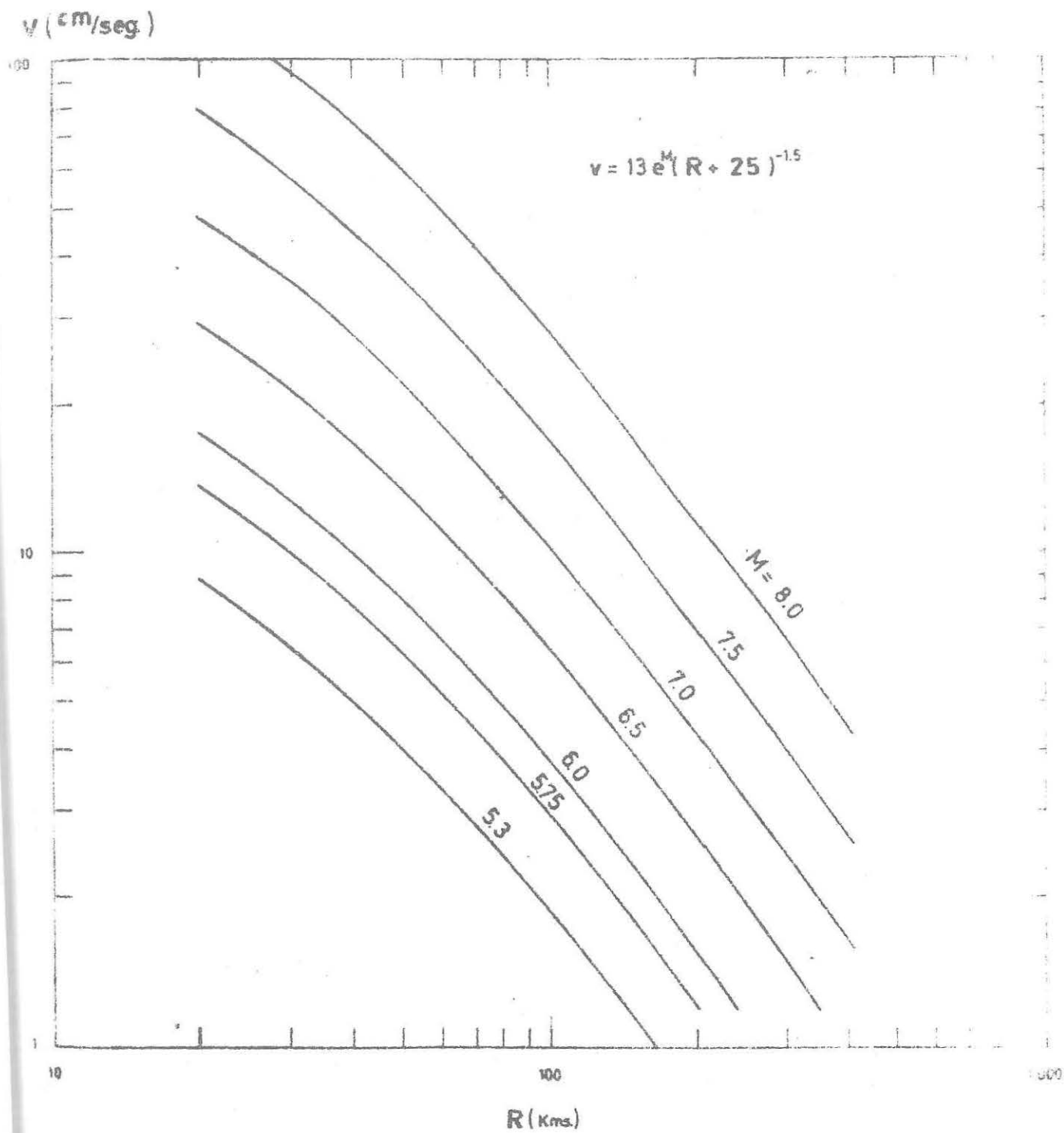


Figura 9.- Atenuación de la Velocidad Máxima del Suelo, según el Nivel de Magnitud de los Sismos. (M_S)

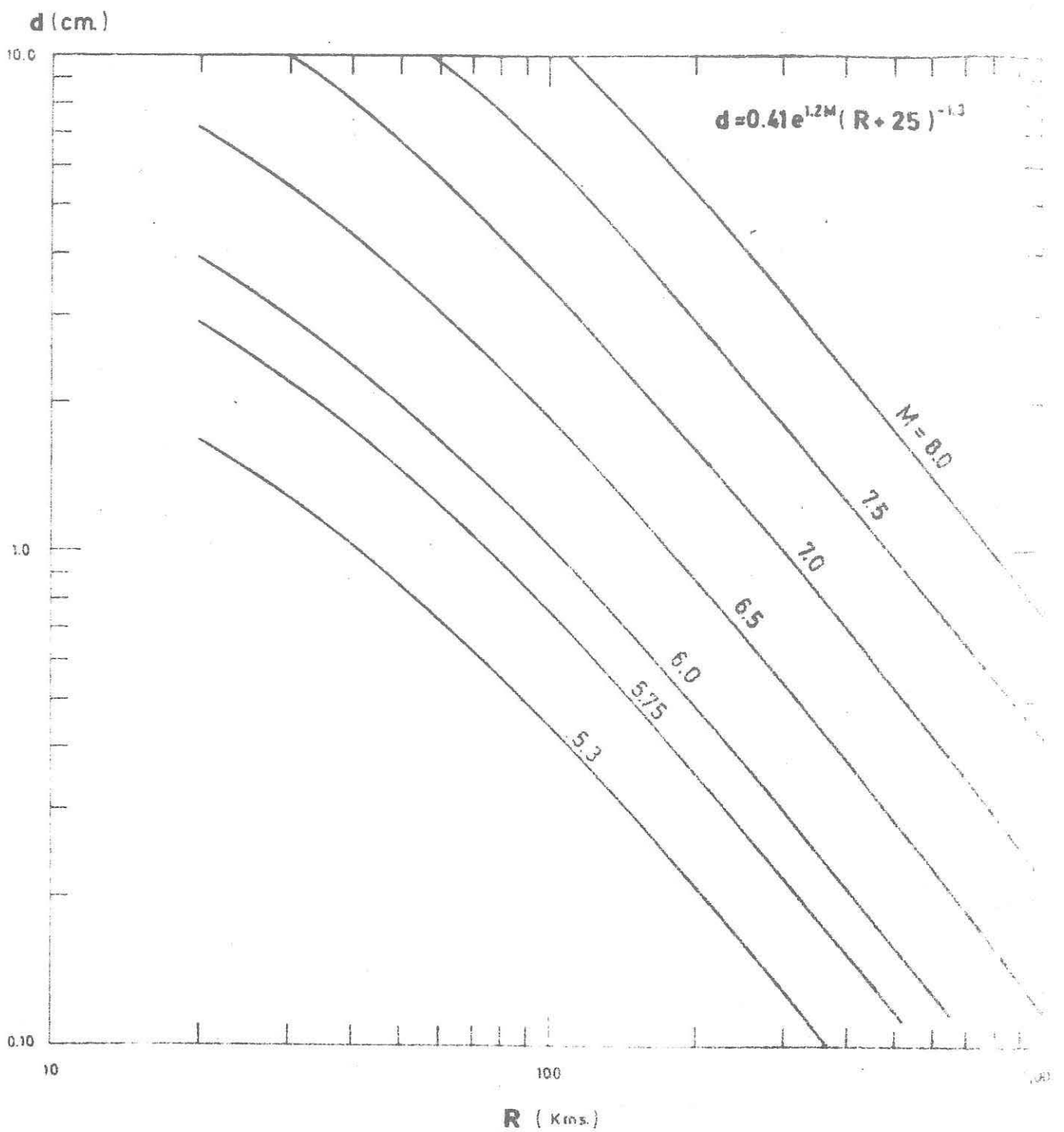


Figura 10.- Atenuación del Desplazamiento Máximo del Suelo, según el Nivel de Magnitud de los Sismos. (M_s .)

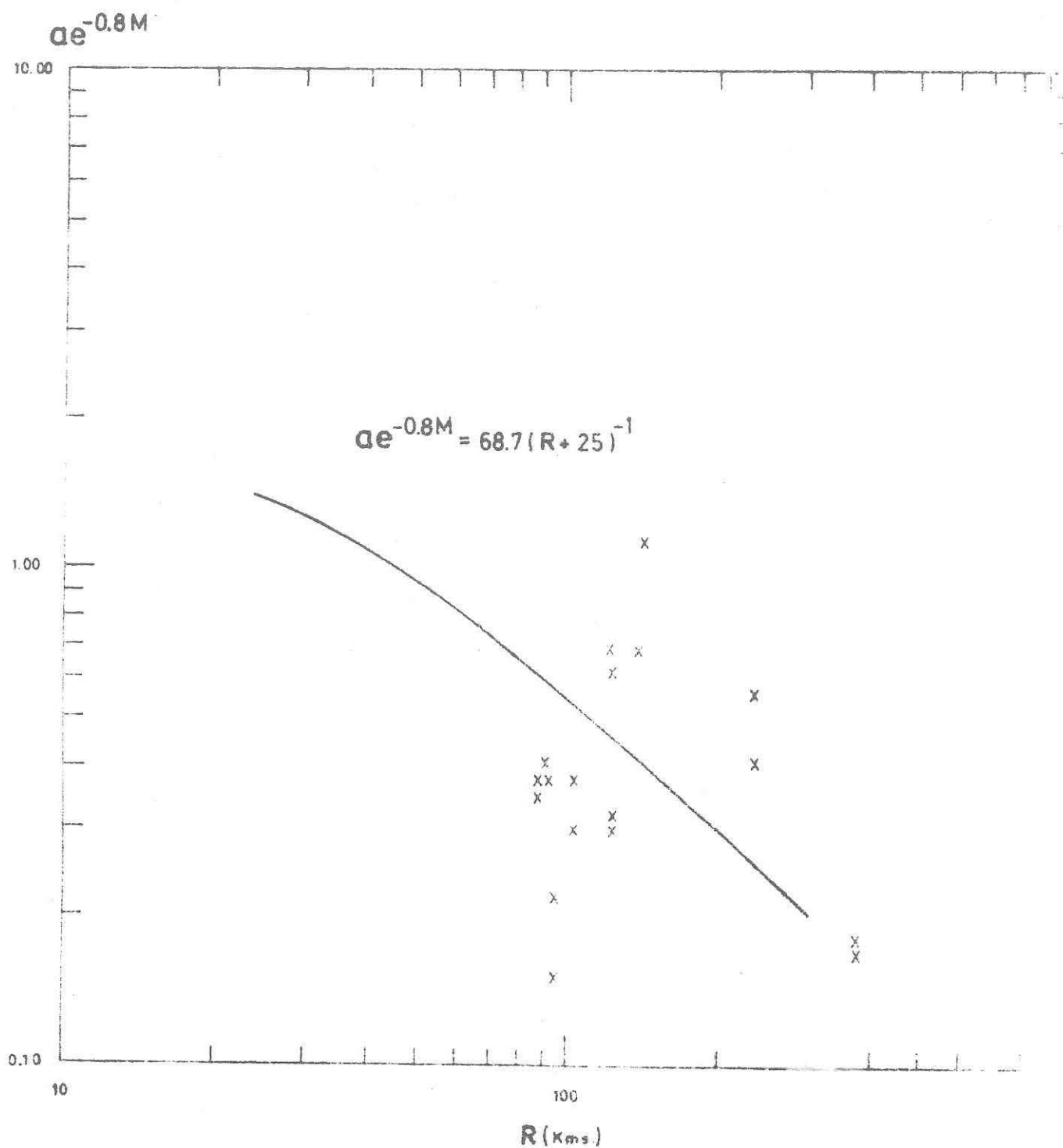


Figura 11.- Variación de la Aceleración Máxima del Suelo con la Distancia Hipocentral.

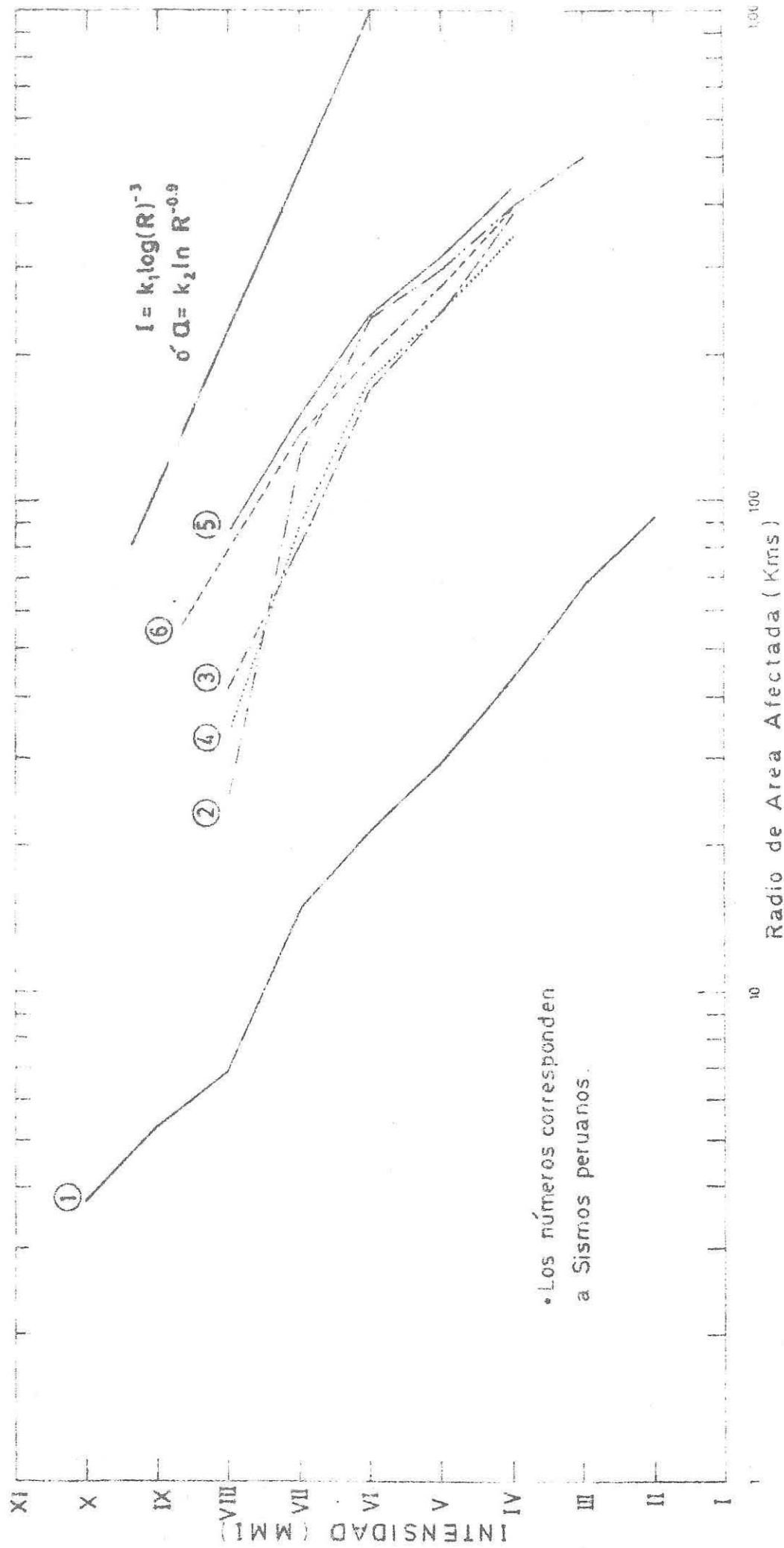


Figura 12 - Relación entre Intensidades (MMI) y Distancia Epicentral. Evaluación de la pendiente de la Curva de Atenuación de Aceleraciones a través de las Intensidades (MMI)

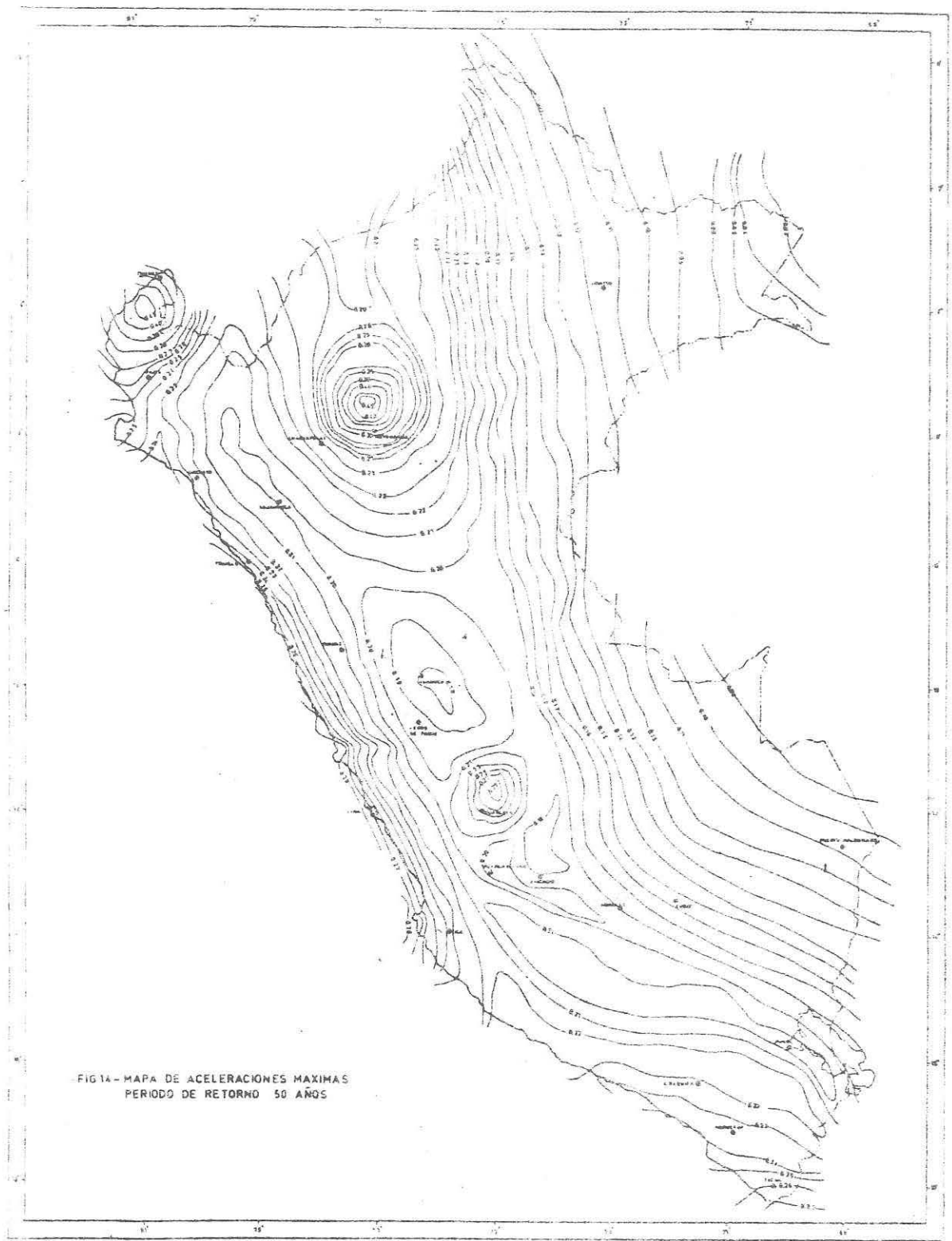
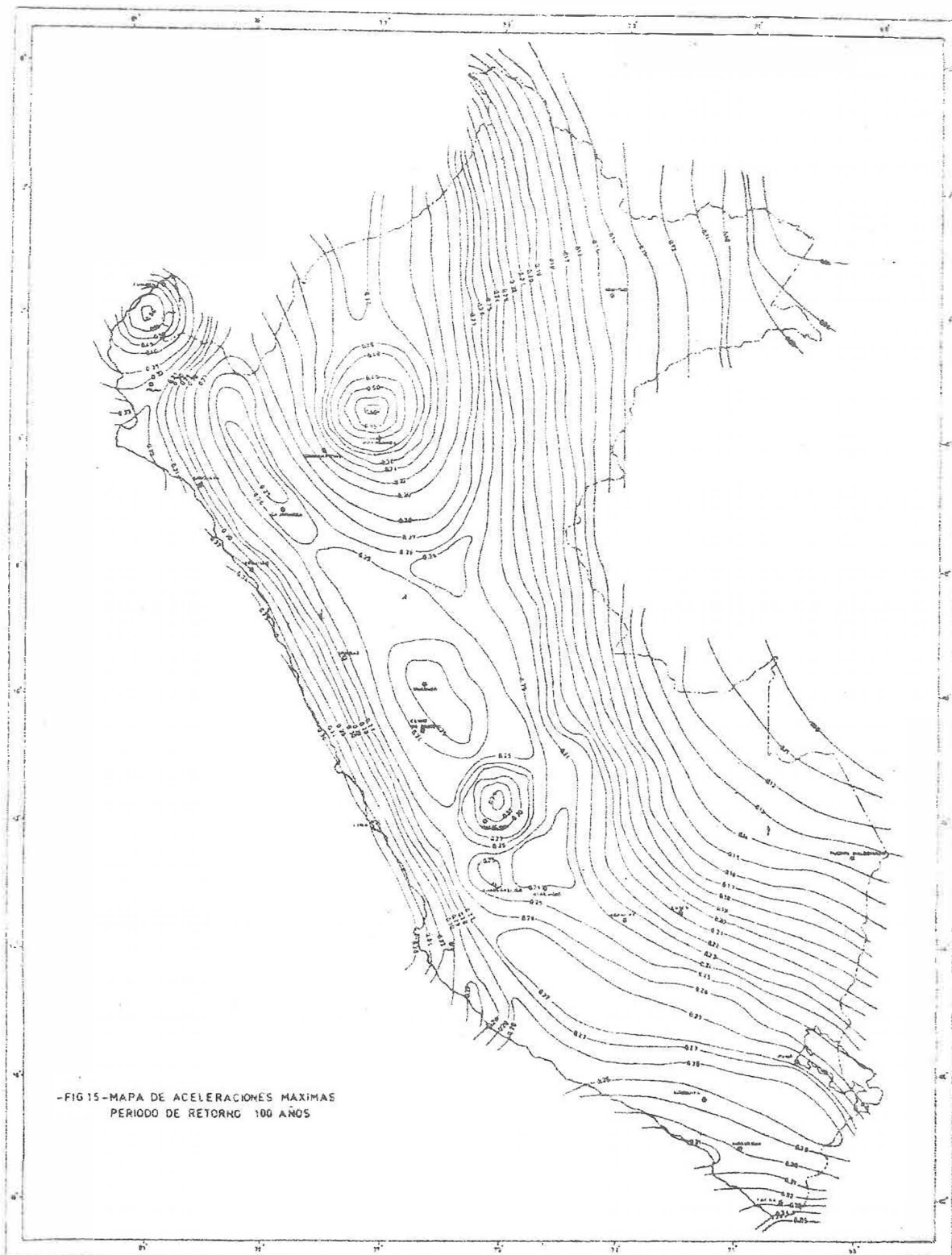
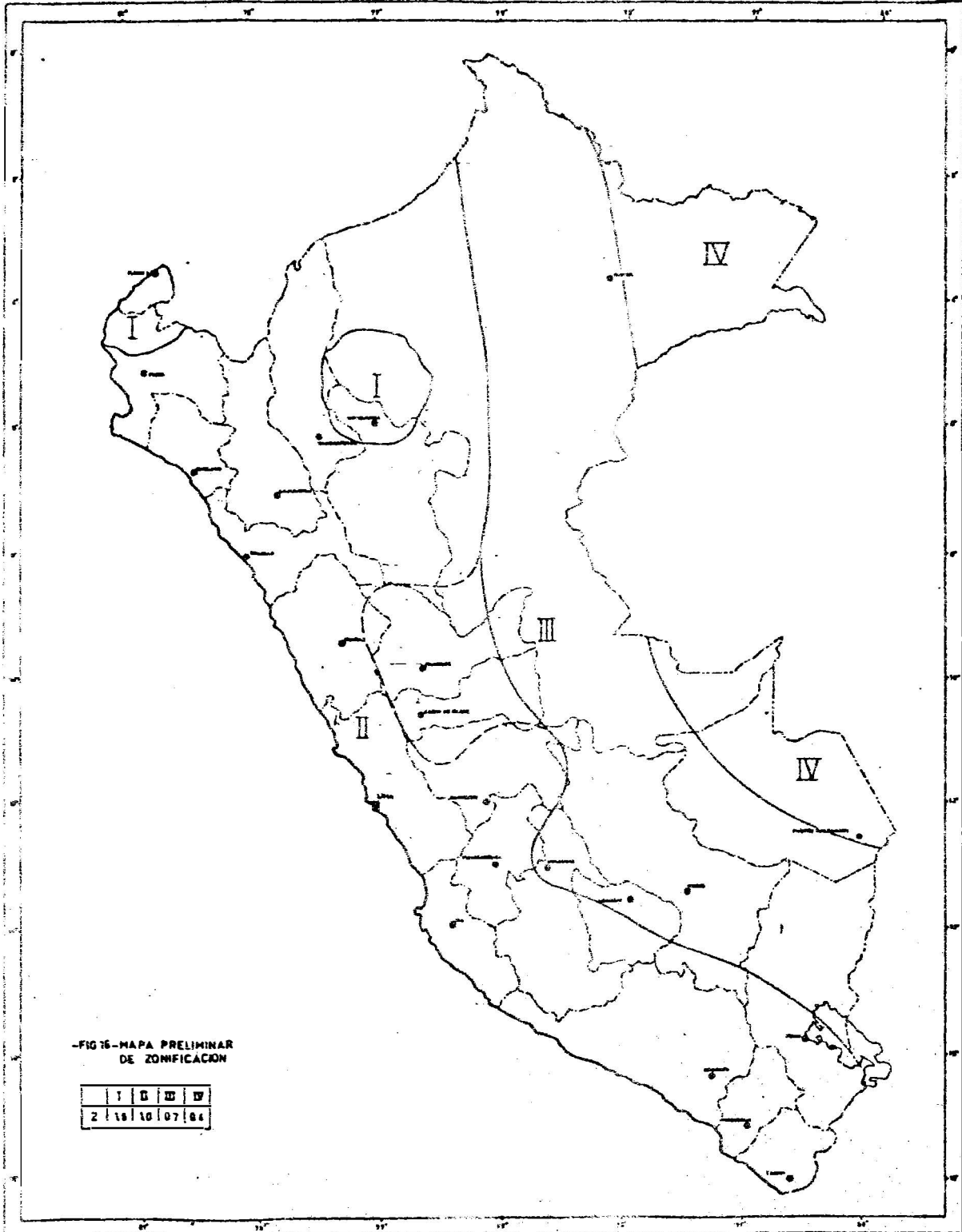


FIG 14 - MAPA DE ACELERACIONES MAXIMAS
PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS



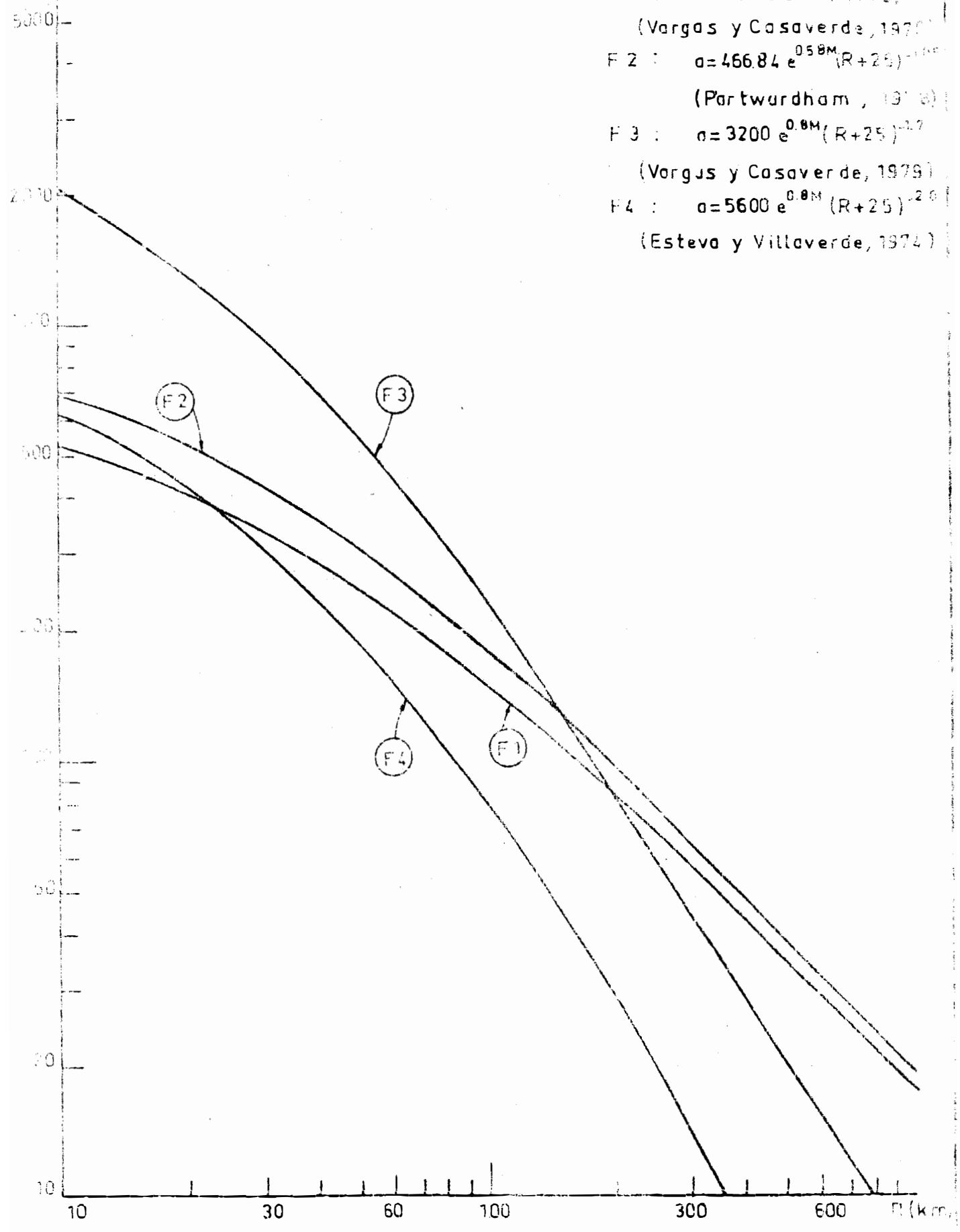


-FIG 16- MAPA PRELIMINAR
DE ZONIFICACION

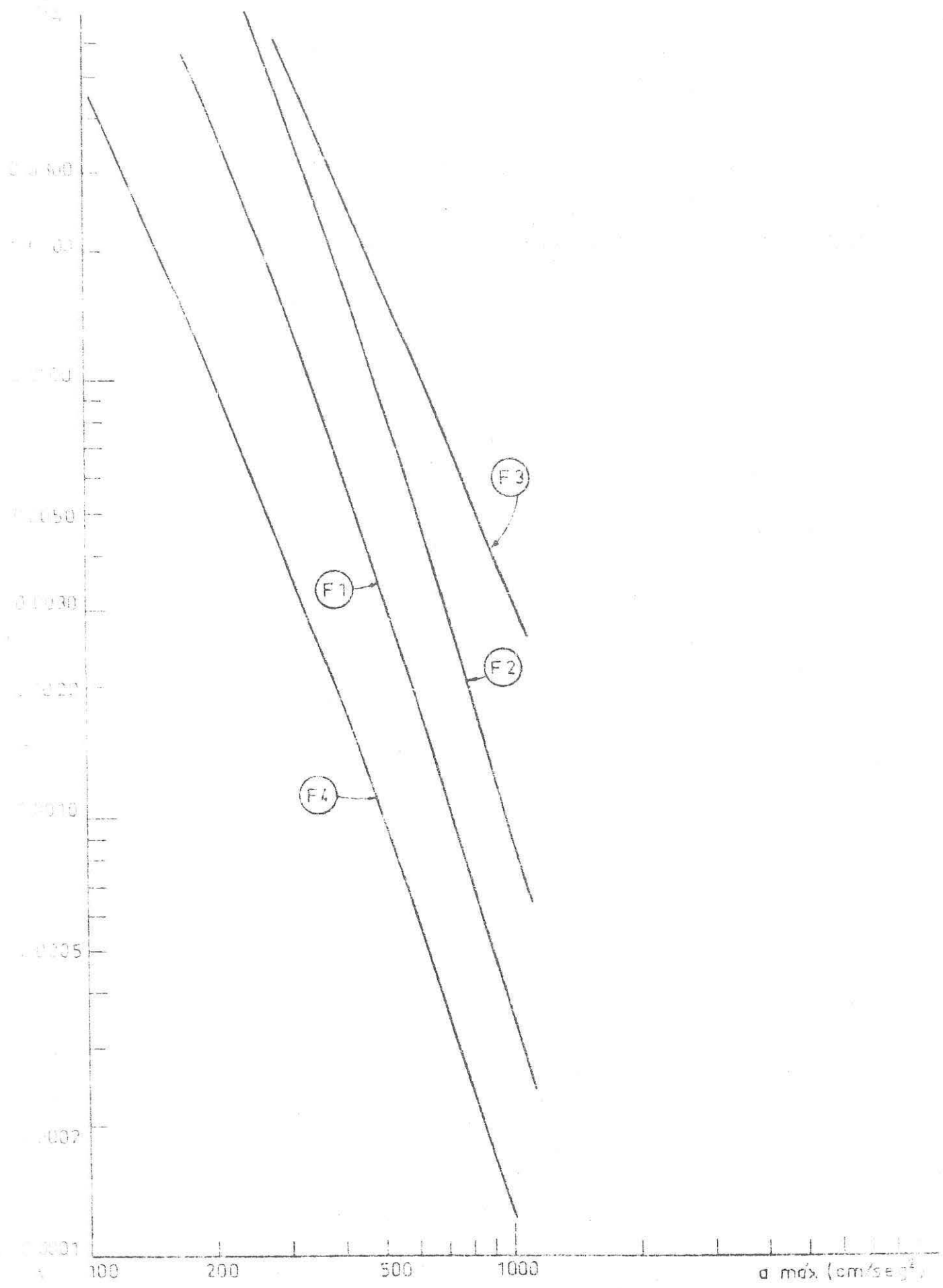
I	II	III	IV
2	18	10	07/84

a máx
(cm/seg²)

- F 1 : $a = 68.70 e^{0.8M} (R+25)^{-2.0}$
(Vargas y Casaverde, 1970)
- F 2 : $a = 466.84 e^{0.58M} (R+25)^{-1.66}$
(Partwardham, 1976)
- F 3 : $a = 3200 e^{0.8M} (R+25)^{-1.7}$
(Vargas y Casaverde, 1979)
- F 4 : $a = 5600 e^{0.8M} (R+25)^{-2.0}$
(Estevo y Villaverde, 1974)



- FIG 17 - CURVAS DE ATENUACION DE ACELERACION



- FIG18- VARIACION DEL RIESGO SISMICO ANUAL CON LAS FUNCIONES DE ATENUACION DE ACELERACION

