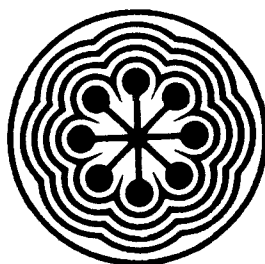




MX0600133

ESTIMACION DE PERIODOS DE RETORNO SISMICO
EN LA PNLV

instituto nacional de investigaciones nucleares



CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION NUCLEAR

ESTIMACION DE PERIODOS DE RETORNO SISMICO EN LA PNLV.

J. H. Flores R.
Gerencia de Investigación Aplicada
Dirección de Investigación y Desarrollo
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

INFORME TECNICO IA-92-03

ENERO DE 1992.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

ESTIMACION DE PERIODOS DE RETORNO SISMICO EN LA PNLV.

GERENCIA DE INVESTIGACION APLICADA

INFORME TECNICO IA-92-03

ENERO DE 1992

ESTIMACION DE PERIODOS DE RETORNO SISMICO EN LA PNLV.

M.EN.I. JESUS HERNAN FLORES RUIZ.
30 ENERO 1992.

INDICE.

RESUMEN.

- I. INTRODUCCION.
- II. ANTECEDENTES GEOLOGICOS-GEOFISICOS.
- III. SISMICIDAD Y SISMOTECTONICA.
- IV. ESTIMACION DE PERIODOS DE RETORNO.
- V. CONCLUSIONES.
- VI. REFERENCIAS.

RESUMEN.

El estudio de riesgo sísmico en el área de la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde (PNLV) y sus alrededores, se realizó estimando los diferentes períodos de retorno y la probabilidad de ocurrencia en distintos intervalos de tiempo (50, 75, 100, 125, 150 años) a partir de la distribución de primer tipo de Gumbel (G1) de valores extremos (Burton, 1986), el valor que se usó para evaluar la vida útil de la PNLV fué de 50 años, los demás períodos se ocuparán para evaluar cementerios nucleares " temporales", es decir para bajar la actividad radiactiva de los ensamblajes combustibles ya quemados en la piscina del reactor o en un sitio cercano al sitio.

Los datos sísmicos que se utilizaron para el análisis fueron del catálogo sísmico que se elaboró de (1920-1982), alrededor del sitio, cuya magnitud media sísmica fué de 5 grados Richter y una profundidad de 65 km, estos sismos son clasificados como sismos someros, los cuales se localizan en la corteza continental de la placa de Norte-América, estos son inducidos por los esfuerzos de empuje de la placa de Cocos, existiendo el 36% de sismos intermedios y 2 profundos.

I. INTRODUCCION.

En sismología la teoría de valores extremos se aplica a una serie de observaciones sísmicas, dentro de una región geográfica determinada, los valores extremos de una serie de datos sísmicos son obtenidos, a partir de dividir las muestras en intervalos de tiempo "iguales" (preferentemente anuales) y extraíendo la magnitud máxima de cada uno de ellos se gráfica sobre papel de doble probabilidad, donde las probabilidades de mayor valor en magnitud, son dadas por 2 tipos de modelos conocidos como: tipo I (G1) y tipo III (G3) Gumbel (1958). En G1 la serie de magnitudes es ilimitada y las observaciones se encunetran en una línea recta, y en G3 el límite superior es dado y la gráfica es concava hacia arriba. Los dos parámetros que caracterizan la G1 son estimados por el método de valor máximo probable (Yequlab y Kuo, 1979; Burton 1978, 1979, 1981; Al Abbasi and Fahmi, 1985; Kijko, 1984; Kijko and Sellevol, 1987) de hecho se determina con la magnitud sísmica más significativa, como es el caso de los datos sísmico de la PNLV al rededor de un perímetro de 200 km del sitio. Otros investigadores han usado distribuciones combinadas y han producido por así decirlo un modelo de Gumbel-mixto, este concepto fué introducido por Fahmi y Al Abbasi (1987) y aplicado con cierto éxito por Fahmi y Al Abbasi (1990), en este trabajo se usó Gumbel del primer tipo I (G1) para modelar el riesgo sísmico para estimar los períodos de retorno. otra aplicación de las mismas distribuciones antes mencionadas, son en la estimación de mapas de riesgo sísmico en magnitud en la PNLV usando la distribución G1 y mapas de aceleración del terreno con G3

En la selección del sitio de la PNLV se debe buscar un área de baja actividad sísmica, determinada según los siguientes parámetros:

- a). Datos de historia sísmica (Catálogo).
- b). Registro histórico de daños sísmicos (Paleosismicidad).
- c). Estimación de la aceleración máxima de sismos en el futuro (Riesgo sísmico)
- d). Estudio sísmo-tectónico
- e). Estimación de períodos de retorno (vida útil de la intalación) de acuerdo con Lomnitz (1974).

Para la actualización de la actividad sísmica del área ya seleccionada, es necesario hacer un estudio sísmo-tectónico (4), elaborar un catálogo sísmico (1), estimar los períodos de retorno sísmicos (5), el punto (3) ya fué elaborado en tesis de maestría de (Flores, 1990) y el punto (2) no hecho actualmente, todos estos puntos están normados por el Código de Regulación Federal Apendice-A (10CFR100, 1973), en el cual se indica que se debe garantizar la seguridad del medio ambiente, así como el buen funcionamiento de la misma (vida útil de 40 años).

En laguna verde se encuentra ubicada la primera central Nuclear del país. La Central se localiza en el estado de Veracruz (PNLV), en la parte más Oriental de la Faja Volcánica Mexicana (FVM).

II. ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y GEOFISICOS.

La planta nucleoelectrica Laguna Verde (PNLV) se encuentra localizada en el estado de Veracruz en la costa del Golfo de México en Punta Limón cuyas coordenadas geográficas son: 19.71 de latitud Norte, 96.48 de longitud Oeste. La altitud media sobre el nivel medio del mar es de 18 m.

El área en estudio se situa alrededor de la zona de la PNLV, entre los paralelos 18 y 20 de latitud Norte y entre los meridianos 96 y 98 de longitud Oeste, presenta los siguientes antecedentes geológicos y geofísicos (fig. 2.0).

El macizo de Teziutlán que ocupa la parte central de la llanura costera de Veracruz, limita al Norte con la cuenca de Tampico-Misantla, al Sur con la cuenca de Veracruz, al Este con el Golfo de México y al Oeste con los plegamientos del Mesozoico que forman la Sierra Madre Oriental. En la parte central y oriental del Macizo se encuentra la sierra de Chiconquiaco, constituidas por corrientes lávicas y materiales piroclásticos, lo que le da un aspecto accidentado característico de regiones montañosas de origen ígneo. Las zonas marginales del Macizo, con elevaciones más moderadas y escalonadas, forman la transición del Macizo hacia la planicie costera, dependiendo del tipo de topografía, de las formaciones geológicas que la cubren que son principalmente sedimentos piroclásticos y arcillo arenosos del Cenozoico así como de corrientes lávicas, basálticas y andesíticas. En el macizo, las rocas más antiguas corresponden a unidades graníticas sobre las que descansan predominantemente algunos afloramientos de depósitos continentales del Jurásico y posiblemente del Triásico. Parece que existen reactivaciones del magma granítico que dieron lugar a intrusiones dentro de los Lechos Rojos de edad Jurásica (Viniegra, 1965).

La cuenca de Veracruz que empieza a extenderse al Sur del Macizo de Teziutlán y se conjuga, en el extremo meridional, con la cuenca Salina del Istmo, limita al Oeste con los grandes plegamientos de rocas Cretácicas que forman la Sierra Madre Oriental, al Este con el Golfo de México y al Sur con el macizo de los Tuxtlas y la sierra de Oaxaca. Dicha cuenca se encuentra cubierta en su mayor parte por depósitos Cuaternarios consistentes en aluvión y materiales piroclásticos reflejando la última retirada de los mares Cenozoicos con una topografía plana buzante hacia el Golfo de México (López Ramos, 1972).

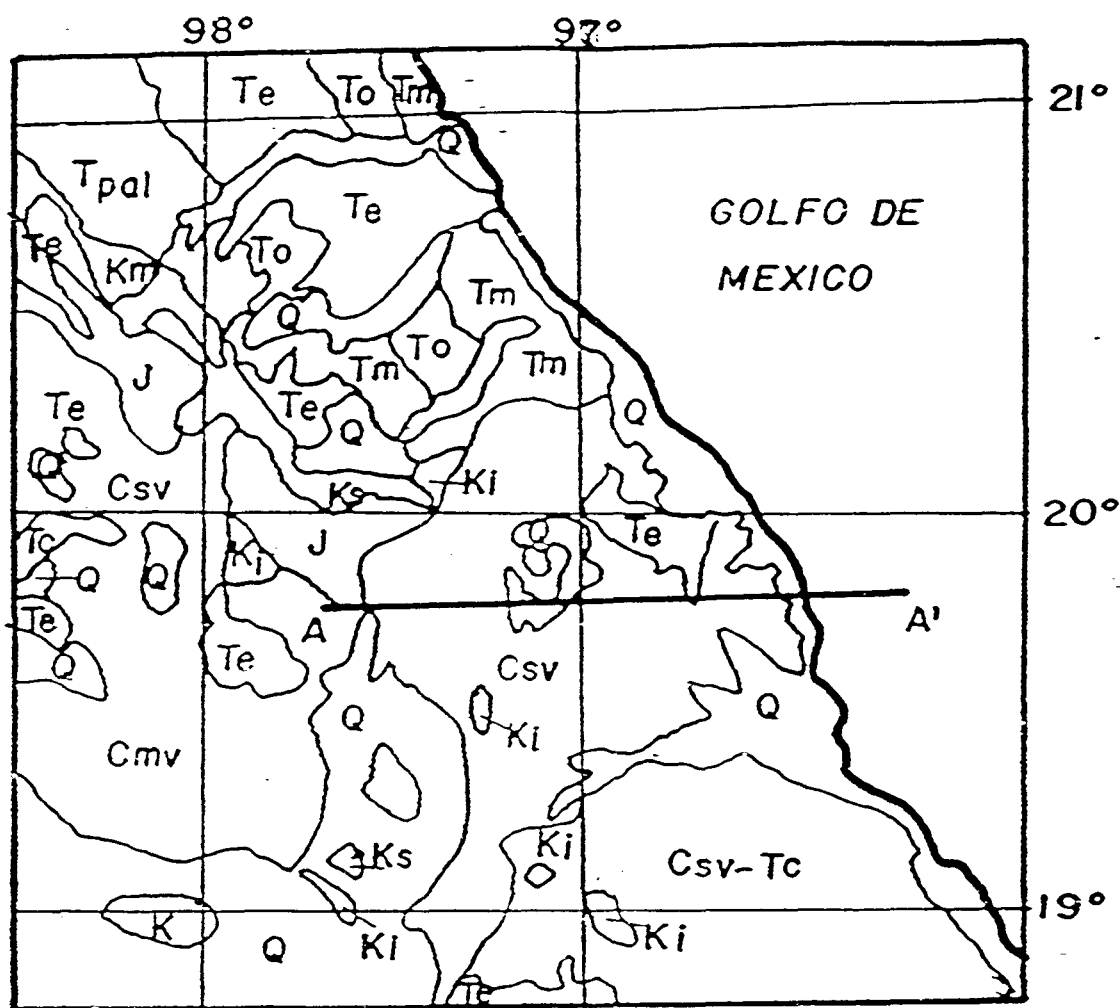


Fig 2.0 Plano geológico del área de PNLV

(Tomado de la carta geol, 1976)

L E Y E N D A

Q	Pleistoceno y Reciente
Tm	Mioceno
To	Oligoceno
Te	Eoceno
Tpal	Paleoceno
Csc-Tc	Superior Clástico y Terciario Continental
Ks	Cretácico Superior
Km	Cretácico Medio
Ki	Cretácico Inferior
J	Jurásico
Cmv	Medio Volcánico
Csv	Superior Volcánico
—	Contactos Geológicos

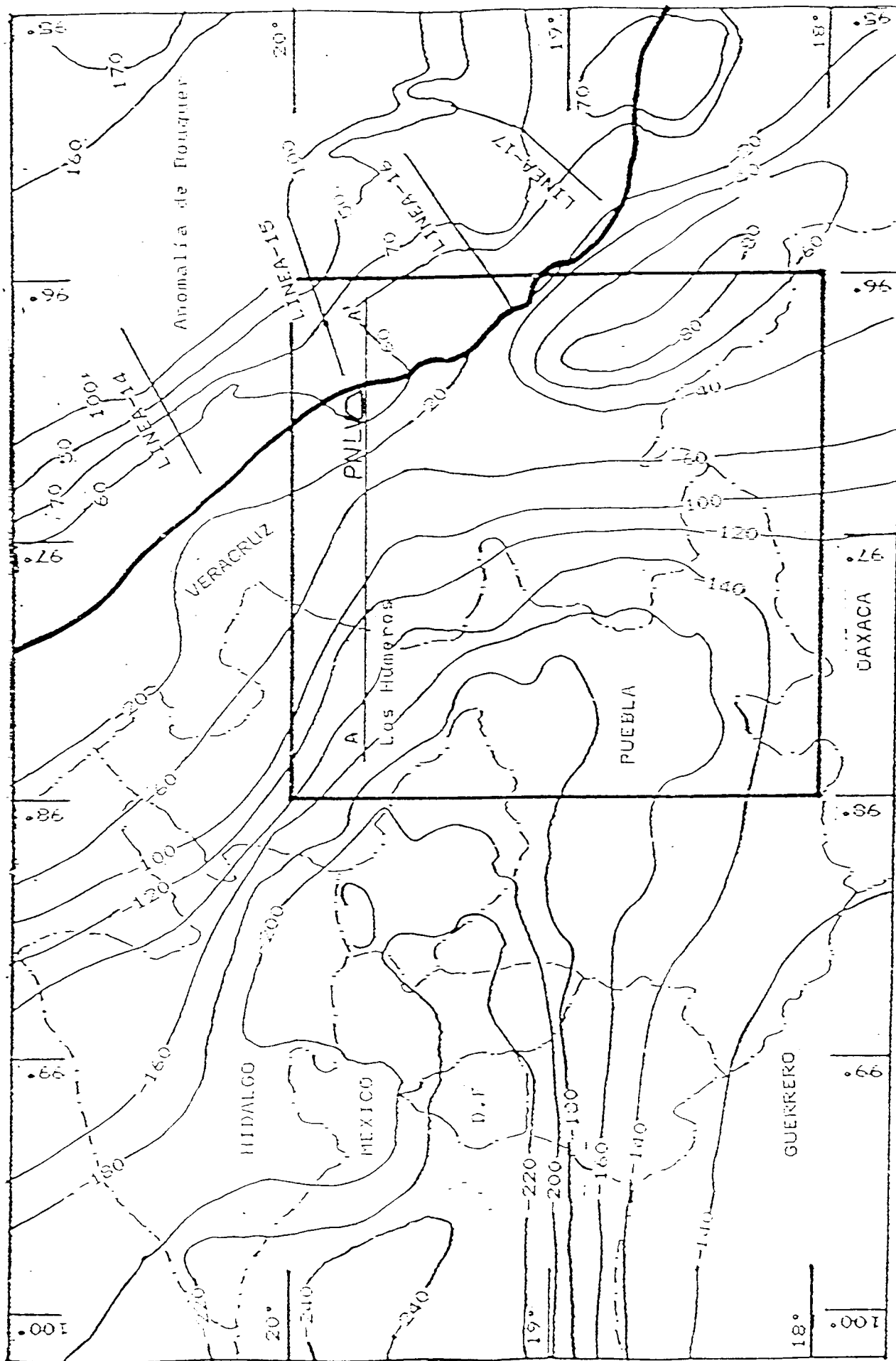
En el aspecto sísmológico la República Mexicana se encuentra dentro de una zona donde la sismicidad es frecuente, tanto en microsismos como en temblores de gran magnitud. Se registraron en la zona de estudio aproximadamente cerca de 30 sismos por mes en promedio y 2 ó 3 anuales de gran intensidad. Dicha área se localiza en la zona peninsular o de sismicidad media correspondiente a la clasificación de zona sísmica de la República Mexicana (Figueroa, 1984). El trabajo geomagnético realizado en el área (Del Castillo, 1975) comprende a las líneas 14 y 15 del proyecto CICAR, las cuales se encuentran localizadas en las cercanías del alto gravimétrico de la línea de costa (fig 2.1). Las principales características de estas líneas son: La línea 14 presenta alta magnetización en las cercanías del continente en relación al valor medio de todas las demás estudiadas con excepción de la línea 23, localizada al frente del macizo de los Tuxtlas, descendiendo rápidamente cuando de aleja de la línea de costa.

El modelo deducido a partir de los datos magnéticos presenta un basamento con una suave pendiente hacia el Golfo de México, a una profundidad desde -3200 m hasta -5200 m.

La línea 15, al igual que la anterior, presenta alta magnetización aún mayor a la de la línea 14. El modelo ajustado presenta una pendiente desde -1000 m hasta -4300 m. Esta línea presenta anomalías locales que pueden deberse según Del Castillo (1975) a extensiones superficiales del eje Neovolcánico o estructuras pequeñas del basamento.

Del mapa de anomalía de Bouguer (fig 2.1) se puede observar: El bajo gravimétrico al SE sobre la plataforma continental, se debe posiblemente a alguna cuenca en el basamento continental cubierta por material de baja densidad. La anomalía negativa -40 mgals al SW del área, así como la de -80 mgals un poco más al Sur, se encuentra en la cuenca de Veracruz correspondiente a una tierra baja y pantanosa cubierta en su mayor parte por depósitos Cuaternarios, formados por aluvión y material piroclástico (Viniegra, 1965).

A. BOUGUER(MGALS) FIG 2.1 (DEL CASTILLO, 1975)



Las anomalías de esta cuenca no muestran ninguna relación con la topografía; tampoco la anomalía positiva 100 mgals localizada entre el extremo oriental del Eje Neovolcánico o Faja Volcánica Mexicana (FVM) y el Golfo de México, la interpretación cuantitativa gravimétrica del área se reduce al perfil A-A' de la (fig 2.1); este perfil corresponde a la transición de la corteza continental a la oceánica, cuyo modelo estructural deducido entre las anomalías gravimétricas observada y calculadas se obtuvieron las siguientes densidades para los diferentes cuerpos que la componen: para el agua 1.03 gr/cm³, sedimento 2.2 gr/cm³, granito 2.6 gr/cm³ y para el manto se tomó la densidad de 3.4 gr/cm³ ver (fig 2.2).

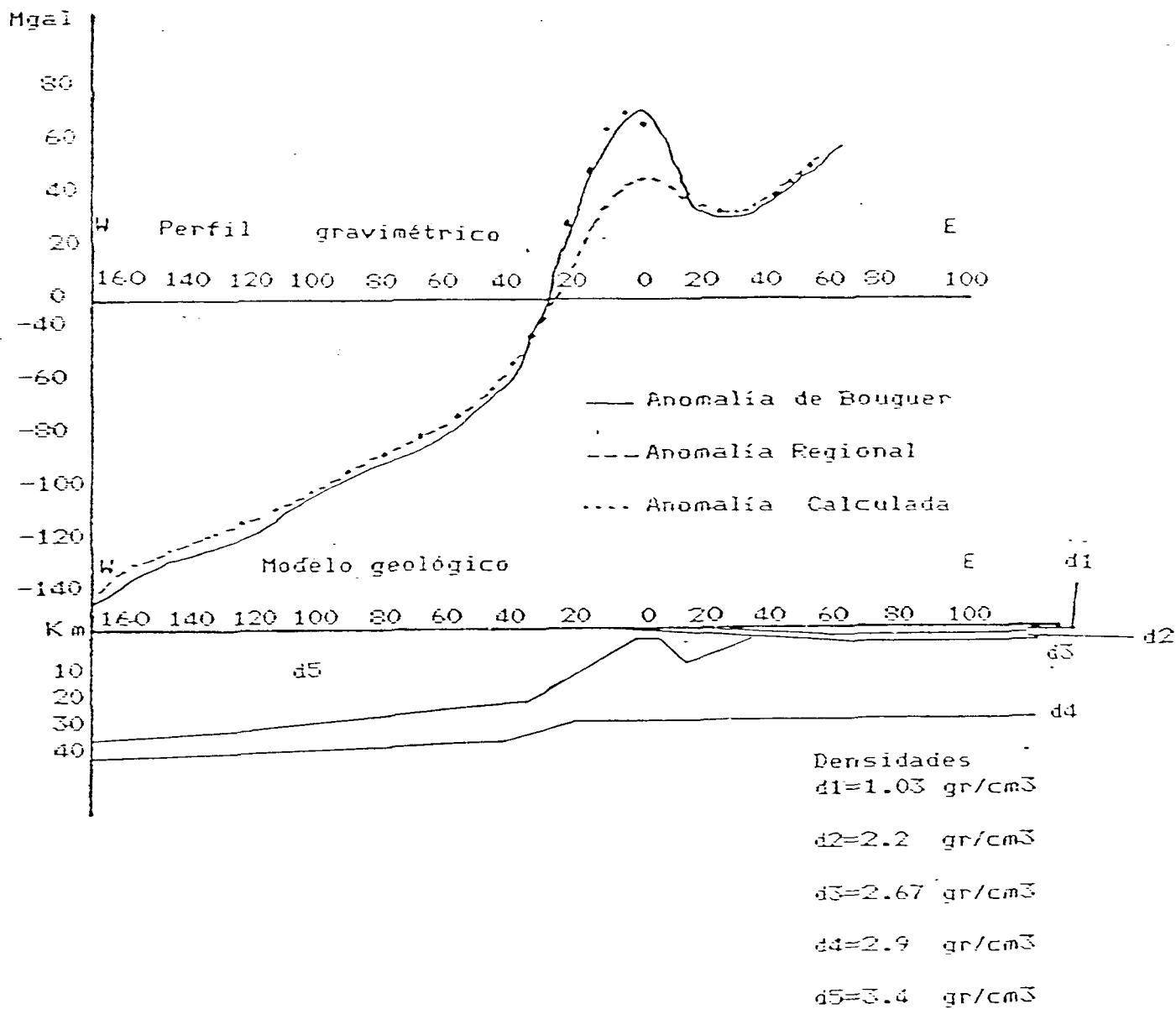


Fig 2.2 PERFIL A - A

Comparación entre las anomalías gravimétricas observada y calculada. (González, 1976).

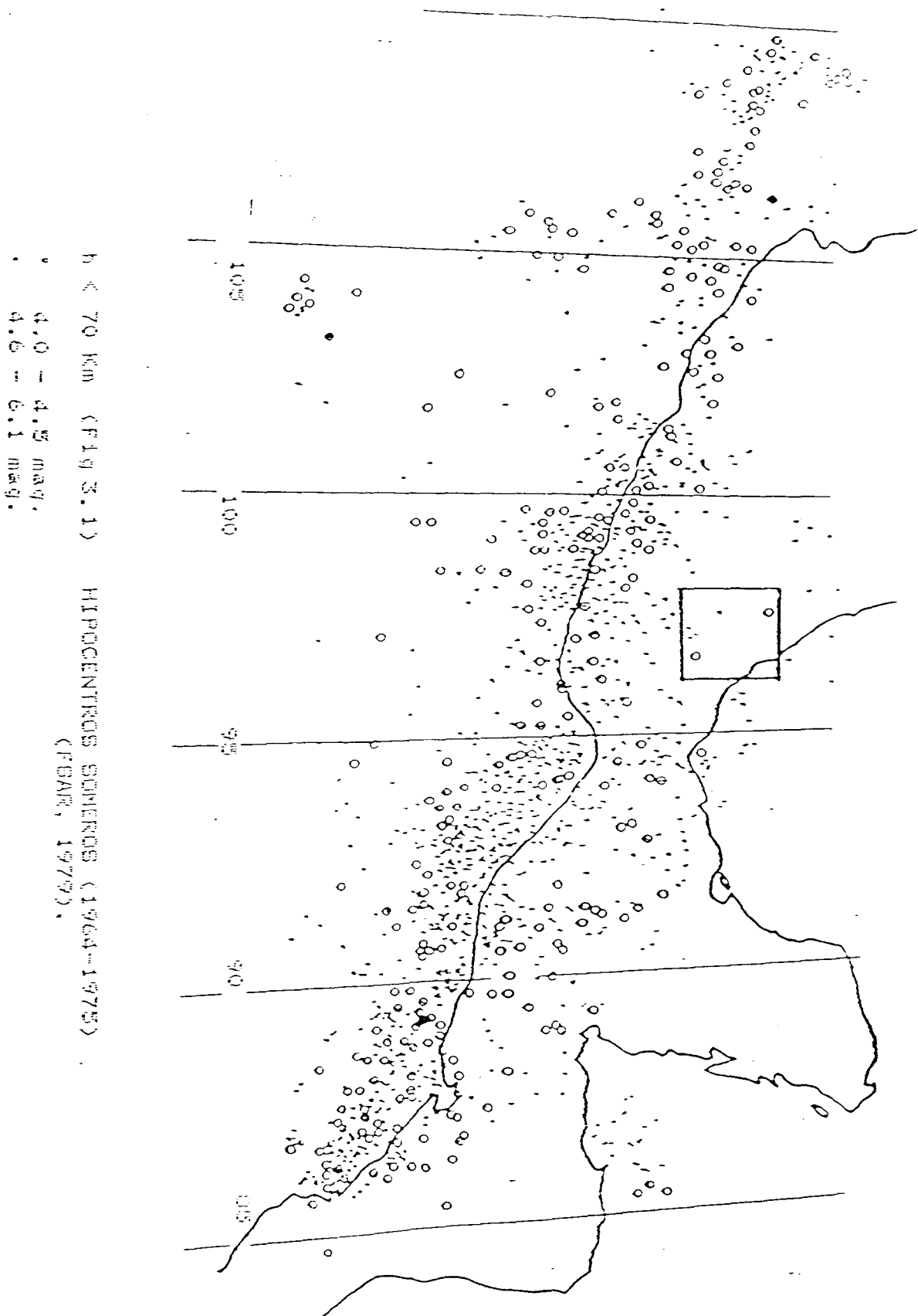
IV. SISMICIDAD Y SISMOTECTONICA.

El estudio tectónico de México hasta ahora ha consistido en la extensión y prolongación de las unidades tectónicas de la placa de Norte-América hacia el suroeste a la trinchera de Acapulco (fig 3.0). Actualmente mediante datos paleomagnéticos se proporciona la información cuantitativa del campo geomagnético en el pasado, proveyendo así de un sistema de paleo-coordenadas (espacio-temporales) que permiten resolver los movimientos relativos de la corteza terrestre y de la litósfera (Maxwell, 1984) y proporciona elementos de correlación y fechamientos. Las aplicaciones son en tectónica de placas, el esparcimiento del fondo oceánicos y deriva continental proporcionando así una nueva visión sobre la historia del planeta (Urrutia, 1984).

Los sismos que afectan el centro del país son principalmente sismos de subducción a lo largo de la costa del Pacífico, sismos profundos por debajo del continente en el interior de la placa de Cocos y los que ocurren en la corteza de la placa de Norte-América, fundamentalmente en la Faja Volcánica Mexicana (FVM). Los sismos asociados a la actividad volcánica son escasos, los cuales se localizan en la porción activa del FVM. Los volcanes más cercanos al sitio de la PNLV son el Cofre de Perote a una distancia aproximada de 60 km, y el Pico de Orizaba a unos 100 km. Estos volcanes guardan una relación de alineamiento Norte-Sur, cuya edad estimada es 1.7 a 1.9 m.a.

Los sismos someros son asociados a estructuras superficiales, tal es el caso en la localidad del Cofre de Perote, cuyo evento se produjo en 1920 a una profundidad de 33 km, una magnitud de 5.8 grados Richter, y una aceleración estimada de 151 gales en el sitio, pero de 46 gales en la PNLV a una distancia de 50 km. Los sismos de profundidad intermedia de corteza continental son relacionados a la zona de subducción, las magnitudes de estos eventos pueden alcanzar hasta 7.5 grados de Richter, dichos eventos causan daños a una gran área de terreno por ejemplo, desde tierra blanca en Veracruz hasta ciudad Cerdan Puebla, el cual ocurrió 1973, una profundidad de 84 km, con magnitud de 7.5 grados y una aceleración estimada de 51 gales, y 9 gales en la PNLV a una distancia aproximada de 193.15 km, estos sismos son incluidos en el catálogo que se elaboró de (1920-1982).

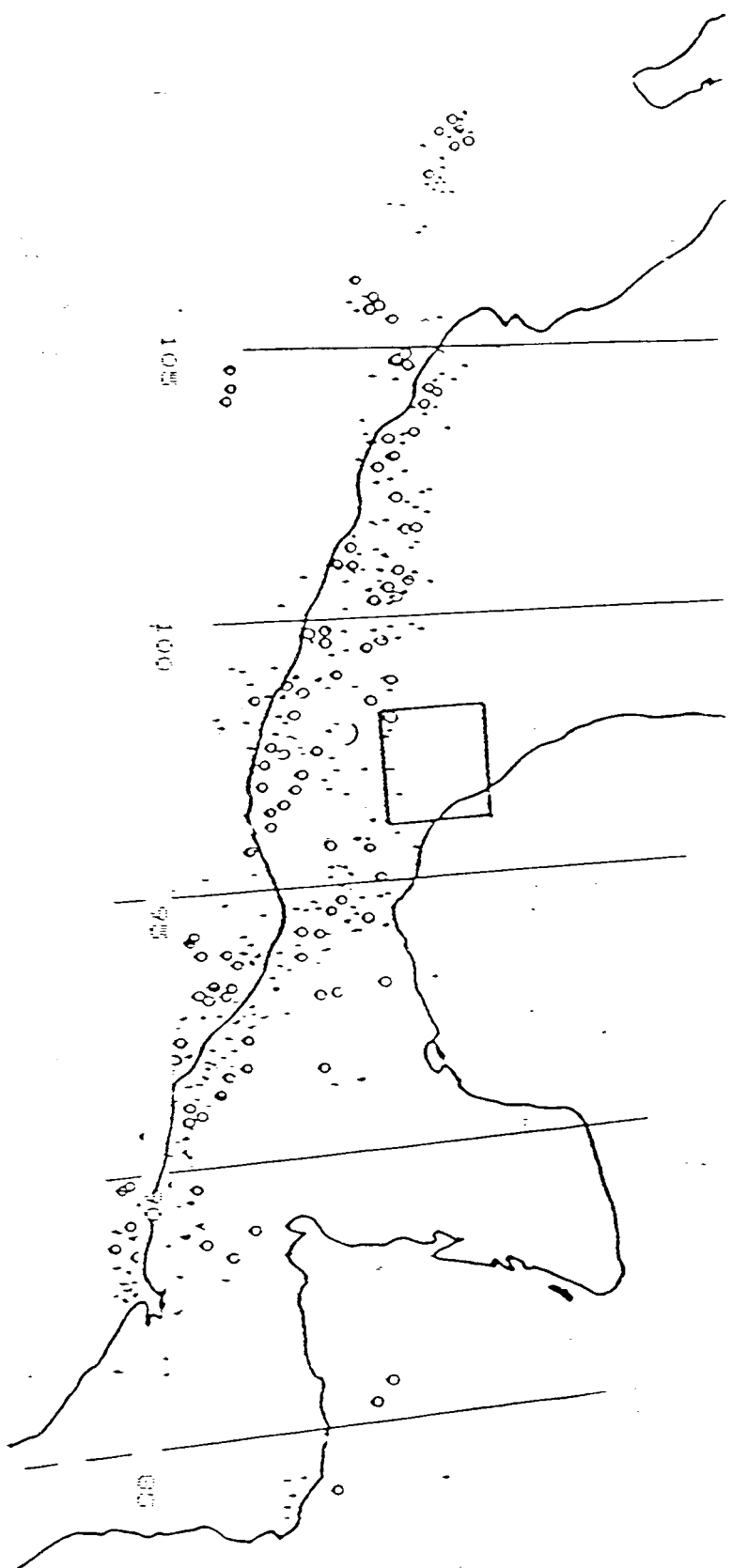
A continuación se muestran los mapas sísmicos durante el período (1964-1975) del FSAR (1979) de la República Mexicana, clasificándose en someros intermedios (corteza continental) y los profundos (interior de la placa) de acuerdo con su profundidad, varían desde 0 km hasta 300 km (figs 3.1, 3.2, y 3.3) como se puede observar en los datos de la región de la PNLV son escasos, por lo tanto se elaboró un catálogo de 70 sismos de la información publicada por Lomnitz (1983), Singh et al (1984) y Figueroa (1984), desde 1920 hasta 1982 con sus respectivos hipocentros en la región de 200 km de radio, el cual es equivalente a un cuadrado de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ ver (fig 3.4). Cuyos rangos de magnitud varían desde 3.0 a 7.7, y profundidades de 33 km a 180 km, con el 36% de sismos intermedios, 2 profundos y resto someros, cuyos valores medios de magnitud son de 5.0 y profundidad de 65 km, estos sismos son clasificados como someros ($h \leq 70$). Los valores máximos en magnitud se presentan en la localidad del cofre de Perote y el mínimo en el Pico de Orizaba y el resto de los sismos guardan una alineación aproximada con el paralelo 18° Norte.



HIPOCENTROS SONEROS (1964-1975)
(FBAE, 1979).

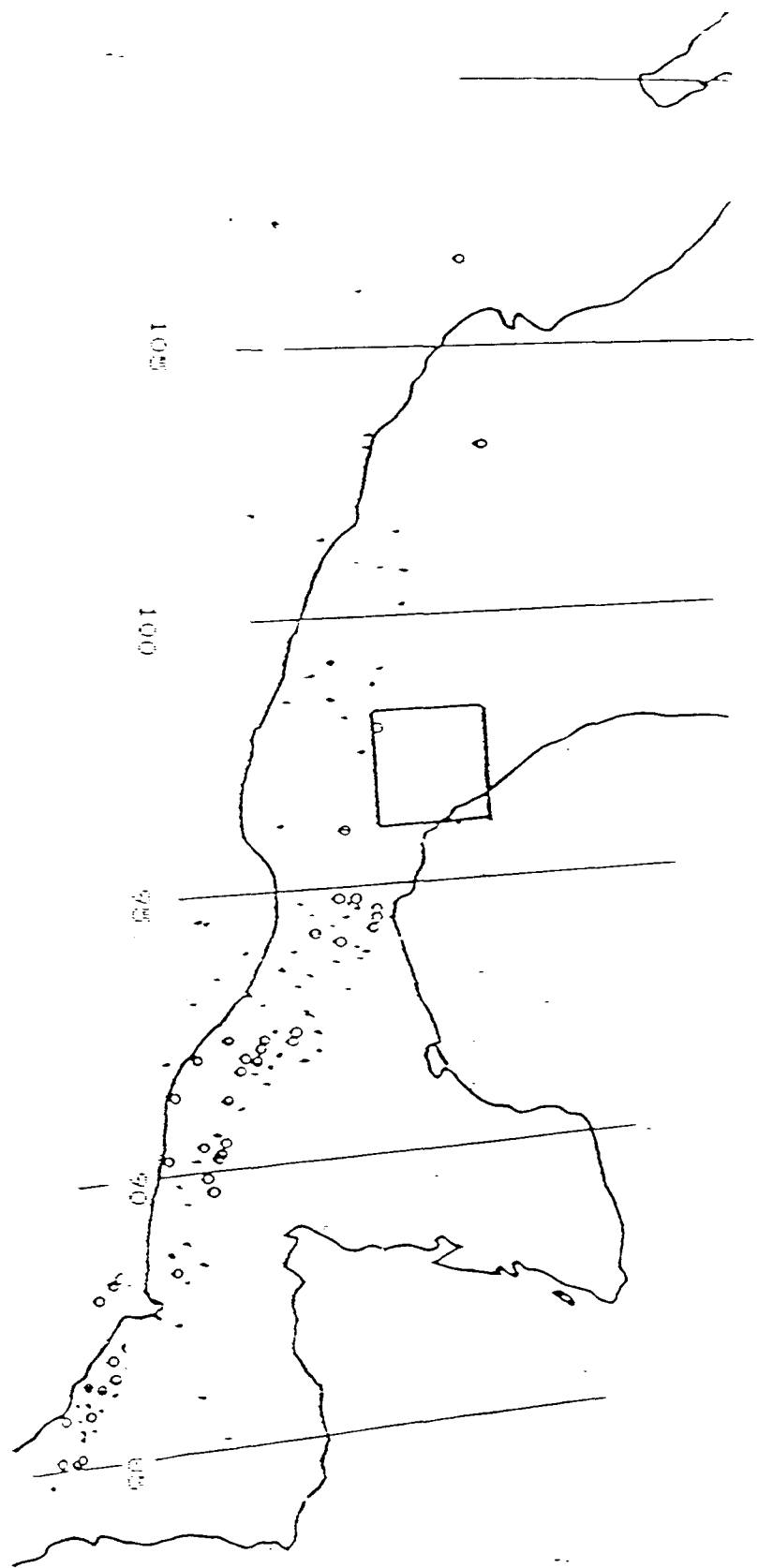
70 km < h < 150 km
 • 4.0 - 4.5 mag.
 • 4.6 - 6.1 mag.

HIPPOCENTROS INTERMEDIOS (1964-1975)
 (Fig 3.2) (FSAR, 1979).

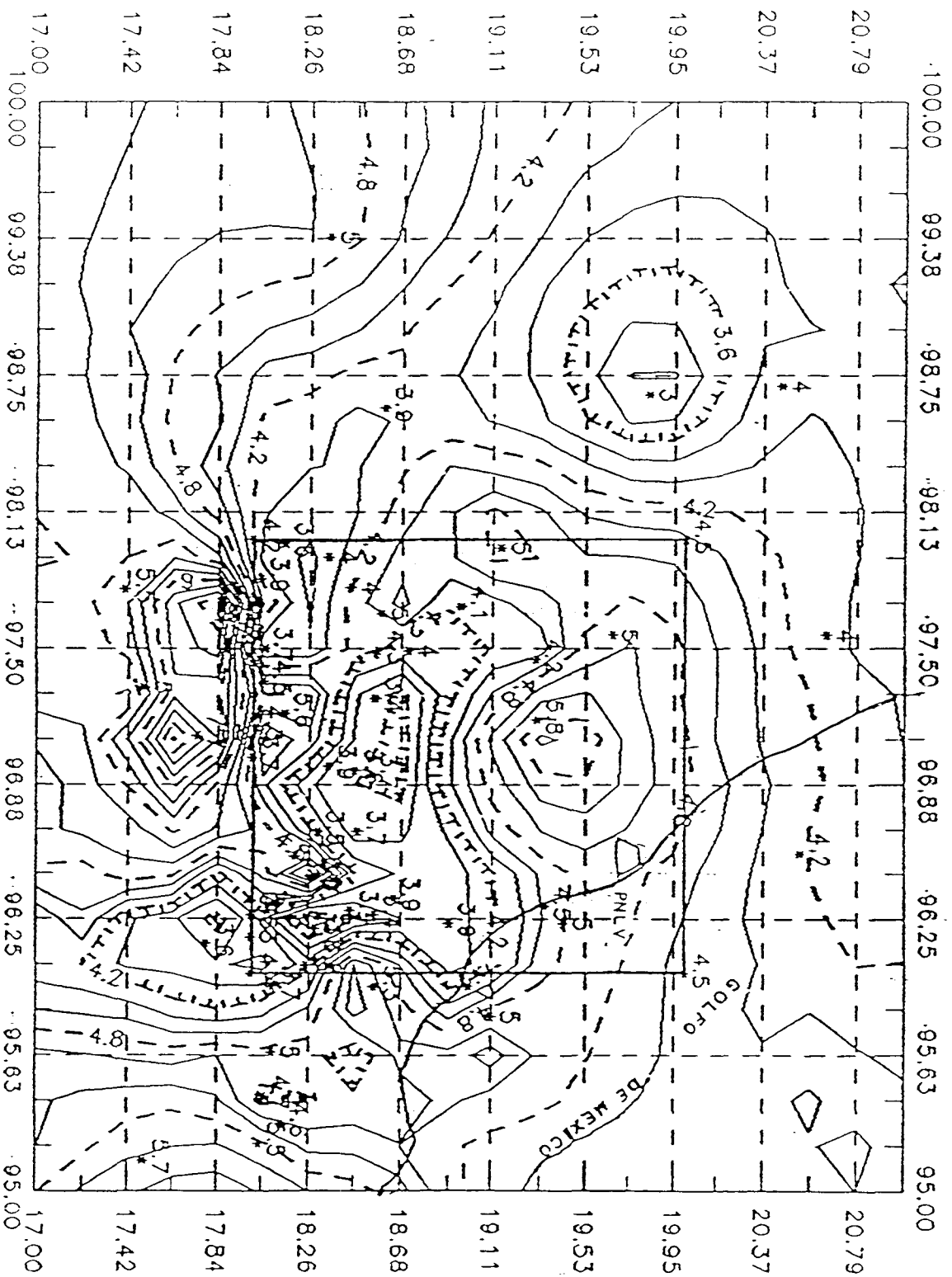


150 km < h < 330 km
 • 4.0 - 4.5 mag.
 • 4.6 - 6.1 mag.

HIPOCENTROS PROFUNDOS (1964-1975)
 (Fig. 3.3) (FBAR, 1979).



SISMO(1920-1982)PNLV FIG. 3.4



IV ESTIMACION DEL PERIODO DE RETORNO.

En este capítulo se dará un bosquejo breve de las ecuaciones necesarias que gobiernan este tipo de estadística matemática. G_1 y G_3 son funciones de distribución asintótica, que pueden ser expresadas por las siguientes funciones de densidad de probabilidad:

$$G_1(ms) = \exp(-\exp(-A(ms-B))) \quad (1)$$

y

$$G_3(ms) = \exp(-[(W-ms)/(W-U)^k]) \quad ms < W \quad (2)$$

$$= 1$$

$$ms > W$$

Donde las G 's es la probabilidad de que no-exceda la magnitud sísmica ms , A y B son parámetros que caracterizan G_1 . Siguiendo con las muestras en el tiempo (n) en años, la magnitud máxima seleccionada del catálogo sísmico, de la i -ésima muestra es:

$$G_i(ms) = i/(n+1) \quad (3)$$

A partir de la ecuación 3 es posible determinar el período de retorno $T(ms)$ en años, el cual es el valor promedio de los intervalos requeridos para el valor mayor o igual a ms observado.

$$T_i(ms) = 1/(1-G_i(ms)) \quad (4)$$

Las ecuaciones 1 y 2 dan la relaciones fundamentalmente necesarias para expresar las funciones de densidad de probabilidad de G_1 y G_3 .

Para propósitos de ingeniería sísmica es útil usar en predicciones, el mayor valor en magnitud, en el sentido de determinar el riesgo sísmico en un retorno específico y períodos de diseño (en terminos de la vida útil). De acuerdo con Lomnitz (1974), el riesgo sísmico puede ser definido como en porcentaje de probabilidad de ocurrencia de un sismo crítico caracterizado por una magnitud de diseño durante un período específico de tiempo.

Empleando la optimización (mejor ajuste) para estimar los parámetros de G_1 , es posible calcular el riesgo $R(ms)$ en T períodos de retorno o período de diseño (años) es decir:

$$R_1(ms) = 1 - \exp(-T \exp(-A(Ms-B))) \quad (5)$$

Similar expresión de la ecuación 5 puede ser obtenida para D períodos de diseño cuando $T > D$ resultando:

$$R1(ms) = 1 - (G1(ms))^D \quad (6)$$

resolviendo el par de ecuaciones anteriores para $R1(ms/T)$ resulta:

$$R1(ms) = 1 - \exp(D/T * \ln(1 - R1(ms/T))) \quad (7)$$

Teniendo ya establecidas las formulas necesarias para calcular la probabilidad del riesgo sismico para seleccionar la magnitud de clases dentro del modelo de G1 de distribución asintótica, se implemento un programa de computo en fortran -77.

Datos de entrada.

- 1). Titulo
- 2). Paramétros de G1: $m=2$
C=(3.6) valor de magnitud a evaluar
N=70 sismos
Nr=20 magnitudes omitidas
- 3). S(I), I=1, m valor de A=1.56 y B=3.45
- 4). X(L), L=1, N número de sismos.

Resultados: A partir del catálogo sismico de (1920-1982) de la PNLV, se estimaron los períodos de retorno sismico con sus respectivas magnitudes del área, asociados a diferentes períodos de tiempo con sus respectivas probabilidades ver la siguiente tabla de cálculo:

SISMOS DE LA PNLV (1901-1982).
 MAXIMA MAGNITUD DEL SISMO

3.0	3.0	3.0	3.0	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6
3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	3.9
3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1
4.2	4.2	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5
4.5	4.6	4.6	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
5.0	5.0	5.0	5.3	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6
5.6	5.6	5.7	5.8	6.5	6.7	6.8	7.3	7.7	7.7

MAGNITUD MINIMA (MS)= 3.00

PERIODO ANALIZADO (ANOS)= 90

NUMERO DE MAGNITUDES = 70

NUMS. DE MAGNITUDES OMITIDAS EN LOS REPORTES= 20

NUMERO DE ITERACIONES = 0

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE G(I)

A = 1.5600

B = 3.4500

INV DE LN(LF)

PRIMER P.D.

ERROR

VARIANZA/COVARIANZA(-1)

LN(LF)

-0.0223 0.0016

-46.6587

1.0385

0.0026 -0.0012

-0.0033

-0.1210

LOG (LF)= -161.9014

MAX MAGNITUD (MS)	P. DE RETORNO (YRS)
-------------------	---------------------

3.6	1.66
4.1	2.26
4.6	3.23
5.1	4.78
5.6	7.25
6.1	11.14
6.6	17.29

EST. DE RIESGO SISMICO CON G(1)

MAGNITUD (MS)	50	75	100	125	150	175	200
3.6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4.1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4.6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5.1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5.6	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6.1	0.991	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6.6	0.949	0.989	0.997	0.999	1.000	1.000	1.000

***** FIN DEL ANALISIS*****

V. CONCLUSIONES.

1. El área en estudio cae en la zona penísismica o de baja actividad, aproximadamente entre los paralelos 19° - 20° N, mientras que en 18° - 19° N es una zona sísmica (fig 3.4), la sismicidad en el período (1920-1982), alrededor de la PNLV es de 5° Richter de magnitud promedio y profundidad de 65 km, estos son clasificados como sismos someros, los cuales se localizan en la corteza continental, aclarando que el 36% de sismos son intermedios, 2 profundos y el resto someros.

2. En esta misma área se estimó los períodos de retorno que van desde 1.66 años hasta 17.29 años para sismos entre 3.6° magnitud hasta 6.6° , así como también el riesgo sísmico en la probabilidad de ocurrencia de los mismos a distintos intervalos de tiempo (50, 75, 100, 125, 150, 175 y 200 años), el valor que se usó para evaluar la vida útil de la PNLV fue de 50 años, dando valores determinísticos para los sismos (3.6, 4.1, 4.6 y 5.1) y valores probabilísticos de 99.9%, 99.1%, y 94.9% para sismos de 5.6° , 6.1° y 6.6° respectivamente.

VI. REFERENCIAS.

Al Abbasi, J. N., and Fahmi K. J. 1985, Estimating maxima magnitud earthquakes in Iraq using extreme values statistics: Geophys. Jour. Roy. Astro. Soc. V82. P.535-548.

Burton, P. W., 1978. The application of the extreme values statistics to seismic hazard assement in the European area: Proc. Symp. Anal Seismicity and seismic risk, Liblice. (Oct 17-21, 1977) Academia, Prague, P. 323-334.

Burton, P. W. 1979. Seismic risk in southern Europoe through to Indian examined using Gumbel's Thrird distribution of the extreme values: Geophys. Jour. Roy. Astro. Soc., v 59, p. 249-280.

Burton, P. W. 1981., Variation on the seismic risk parameter in Britain, in Proc. Second. Intern. Symp. Anal. Seismicity & Seismic risk Liblice, Czechoslovakia (1981); Prague, P. 495-530. .

Burton, P. W. 1986., Seismic Hazard parameter using Gumbel's theory of the extreme value statistics, Computers & Geosciences, vol. 12, n^o 1, p. 29-46.

10 CFR-Part 100, appendix-a, 1973, Seismic and Geloqical setting criteria for the nucler power plants, p. 15-30.

Del Castillo, G. L., 1974, Marine Geophysics along Gulf of Mexico and Yucatan Peninsula coastal zone: Physics of the Earth and Planetary interiors 9., p. 227-247.

Del Castillo, G. L. et al 1978, Interrelación geodinámica del Golfo de México y el eje Neovolcánico. Bol. Soc. Mex. tomo XXXIX, n^o 2., p. 77-90.

Fahmi, K. J.,and Al Abbasi J. N., 1987, Mixture distributions an alternative approach for estimating maximun magnitude earthquake occurrence: Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc., v.89, p. 741-747.

Fahmi, K. J.,and Al Abbasi J. N., 1990, Application of a mixture distributions of the extreme values to earthquake magnitudes in Iraq and conternimous rigions: Geophys. Jour. Intern. Submitted.

Figueroa, J., 1984, Catálogo de sismos ocurrido en la República Mexicana de 1970 a 1982. Int. de Inq. UNAM, nº 478 Agosto 1984.

FSAR, 1979., Final analysis report: Nuclear power plants, CFE., v.3, P. 254-270.

Gumbel, E. J. , 1958, Statistics of extremes: Columbia University, press., N. Y., p. 375.

Kijko, A., 1984, Is it necessary to construct empirical distributions of maximum earthquake magnitudes? Bull. Seis. Soc. America. v.74, nº1, p.339-347.

Kijko, A., and Pisookey M., 1987, Application of the extreme magnitude distribution to incomplete earthquake files: Bull. Seis. Soc. America. v.77, nº4, p.1429-1436.

Lomnitz, C. 1974, Global tectonics and earthquake risk: Elsevier.Sci. Publ. Co. Amsterdam, p. 320.

Lomnitz, C. 1983, Seismicity and earthquake risk at the NPP site of Laguna Verde Veracruz., Geof. Intern., v 22, nº1.

López, Ramos., 1974, Geología general y de México, INP.

Maxwell, J. C., 1984, What is the Litosphere?, EOS. Trans. America. Geophys. Union., U.G.S., nº 17, p. 321-325.

Singh et al, 1984, A catalog of shallow earthquake of Mexico, p. 267-279.

Urrutia, F. J., 1984, Plate reconstruction from paleozoic paleomagnetism on the tectonic evolution of Mexico, Geodynamic series, v. 12, p. 29-47.

Vineigra, F. ,1985, Geología del Macizo de Teziutlán y de la cuenca Cenozoica de Veracruz. Bol. Soc. Mex. de Geol. del Petro., v 17., p. 7-12.

Yegulab, T. M. and Kuo, J.T. ,1974, Statistical prediction of the occurrence of maximum magnitude earthquakes: Bull. Seis. Soc. Ame., v.64, nº2, p. 393-414.