

PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA

**I
N
P
R
E
S**

Características principales
del terremoto de Mendoza
del 26 de Enero de 1985

PUBLICACION
TECNICA N° 11

Setiembre de 1986

REPUBLICA ARGENTINA

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL TERREMOTO DE MENDOZA
ARGENTINA - DEL 26 DE ENERO DE 1985 (*)

Por: Ing. Juan Carlos Castano (**)

RESUMEN

Este terremoto, que afectó al núcleo urbano denominado Gran Mendoza, donde habitan alrededor de 600.000 personas, fue de magnitud moderada ($m_b = 6.0$). Sin embargo produjo daños de consideración, especialmente en las construcciones de adobe y, en algunos casos, en edificios construídos de acuerdo al código sismorresistente. Estos daños no fueron uniformes, existiendo áreas reducidas donde la intensidad alcanzó a VIII M.M.

Teniendo en cuenta los antecedentes sísmicos y las características tectónicas de la región, el INPRES disponía de una red local de acelerógrafos, nueve de los cuales registraron este evento, alcanzando las aceleraciones máximas obtenidas al 40,8% g.

A partir de estos registros se estimaron la magnitud local y los parámetros de la fuente, obteniéndose valores aceptables comparándolos con los típicos para eventos sísmicos similares. Además se comenzó una evaluación de las pérdidas económicas ocasionadas por el sismo, presentándose en esta oportunidad valores preliminares para el Departamento de Godoy Cruz.

(*) Este trabajo ha sido presentado por el autor en la V Reunión de Consulta de la Comisión de Geofísica del IPGH, realizada en Río de Janeiro, Brasil, del 7 al 11 de abril de 1986.

(**) Consultor Científico y Técnico del Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES. Argentina.
Profesor Titular Universidad Nacional de San Juan. Argentina.

1. INTRODUCCION

La Provincia de Mendoza tiene una población, según el censo de 1980, de 1.196.228 habitantes, lo que representa el 4,3% de la población total del país y una extensión de 150.839 km², que corresponde a una densidad media de 8 personas por kilómetro cuadrado. Esta densidad media no es homogénea a través de la Provincia, sino que resume en realidad situaciones de poblamiento muy diferentes. En general, podría decirse que la densidad disminuye cuanto mayor es la distancia de la Capital. De los 18 departamentos en que se divide políticamente la Provincia, tres de ellos: Capital, Godoy Cruz y Guaymallén, tienen densidades por encima de 1.000 habitantes por km², mientras que Malargue y La Paz, netamente desérticos, tienen 0,4 y 1 habitante por km², respectivamente. La tasa media de crecimiento vegetativo anual de la Provincia es del 19,8% para el período 1970-1980.

Del total de los habitantes de la Provincia, 596.796, o sea el 50%, se agrupan en el aglomerado urbano denominado Gran Mendoza (Figura 1), integrado por las áreas más densamente pobladas de los departamentos Capital, Godoy Cruz, Guaymallén, Las Heras, Maipú y Luján, en una superficie de aproximadamente 500 km² (Tabla 1). Este es un polo de atracción de migrantes ya que, del análisis del movimiento de población durante la década del 70, puede estimarse que ingresan al Gran Mendoza 8.500 nuevos habitantes por año.

Desde el punto de vista del nivel de desarrollo económico, la Provincia de Mendoza tiene una participación muy importante en el contexto nacional. El P.B.I. provincial participa en el P.B.I. nacional entre un máximo del 4,5% (1972) y un mínimo del 3,4% (1977).

El gráfico de participación relativa de los componentes del P.B.I. de la Provincia (Figura 2) muestra que el 43% corresponde a la gran división "Industrias manufactureras", donde los dos rubros principales son la elaboración de vinos y la extracción y destilación del petróleo.

El análisis de la actividad sísmica, tanto instrumental como histórica, muestra que el territorio donde se asienta la Provincia de Mendoza está expuesto, en su totalidad, a un elevado nivel de peligro sísmico, lo que combinado con un considerable número de construcciones no sismorresistentes (Tabla 2) constituye un riesgo sísmico a tener en

cuenta en toda planificación, tanto del uso del suelo como de preparación para la emergencia por terremotos.

El terremoto del 26 de enero de 1985, si bien de magnitud moderada ($m_b = 6.0$), produjo daños de consideración, fundamentalmente, sobre el Gran Mendoza, afectando, principalmente, a viviendas de adobe y de mampostería muy antiguas. Los efectos del sismo se manifestaron, casi completamente, como daños en las construcciones convencionales, no produciéndose daños de importancia en las obras de infraestructura ni tampoco relevantes fenómenos de suelo.

2. MARCO TECTONICO LOCAL

La región epicentral del terremoto de Mendoza denominada Cerrillada Pedemontana Mendocina, está ubicada inmediatamente al sur de la Precordillera y se caracteriza por elevaciones de baja altura formadas por estructuras plegadas. El espesor de sedimentos triásico-terciario supera los 400 metros. Los afloramientos están constituidos por sedimentos terciarios que yacen en forma discordante sobre los mesozoicos, los que a su vez se apoyan en discordancia sobre el basamento paleozoico. En la cubierta cenozoica se reconocen anticlinales algo asimétricos, de flancos tendidos, de 30 a 50 km de largo y 10 a 25 km de ancho.

Las elevaciones forman dos trenes estructurales separados por una cuenca asimétrica, limitada por fallas inversas. Además existe un fallamiento transversal a estos ejes, con rumbo E-O.

En base a la interpretación de los resultados obtenidos en la exploración de hidrocarburos, se considera a éste como un sistema de sobrecojimientos y fallas inversas de alto ángulo en superficie y bajo en profundidad. Estas estructuras constituyen sistemas conjugados de fallas, con buzamiento al oeste, las que aparecen como resultado de los esfuerzos este-oeste aplicados a la pila sedimentaria en un sustrato de mayor rigidez.

La distribución e interpretación del fallamiento cuaternario en la región constituye un problema aún no resuelto. La bibliografía disponible se refiere a sectores aislados sin establecer parámetros regionales. A partir de dicha bibliografía, con el agregado de los relevamientos de campo realizados por el INPRES, se obtuvo el mapa

geológico de superficie y de fallamiento cuaternario que se presenta en la Figura 3.

3. ANTECEDENTES SISMICOS DE LA REGION

Toda la Provincia de Mendoza está ubicada en una región de elevado nivel de peligro sísmico, originado en dos fuentes nítidamente diferenciadas: la zona de subducción con hipocentros localizados a profundidades comprendidas entre los 80 y 130 km y la zona de actividad superficial con profundidades focales menores de 50 km, siendo en esta última donde se han generado casi todos los terremotos destructivos.

El Gran Mendoza ha experimentado intensidades sísmicas iguales o superiores a VI M.M. por lo menos once veces en los últimos 200 años (Tabla 3).

La primera información al respecto data del 22 de mayo de 1782 cuando un terremoto "dejó en estado ruinoso algunos edificios importantes como la Iglesia y el Colegio de la Inmaculada Concepción y la Iglesia y el Colegio de los Franciscanos" (Ref. 4).

El terremoto del 20 de marzo de 1861 fue, sin ninguna duda, el de mayor destructividad de todos ellos. El análisis de la información disponible (Ref. 4 y 5) permite estimar, en base a la descripción de los daños, una intensidad máxima en la ciudad de Mendoza de no menos de IX M.M.. Las víctimas producidas por este terremoto alcanzaron a 5.000 sobre una población de aproximadamente 8.000 habitantes (Censo de 1857). Además se observaron importantes efectos en el terreno, incluyendo largos agrietamientos del suelo en dirección Norte-Sur y ondulaciones y hundimientos del terreno en zonas de ciénagas.

También surge de tales descripciones que la distribución de los daños no fue uniforme, destacándose áreas con muy elevado nivel de destructividad y otras con daños moderados.

Es importante mencionar que esta distribución de daños, si bien en diferente escala absoluta, es muy similar a la observada en el terremoto del 26 de enero de 1985. Además también tienen mucha similitud otros aspectos comparables como la rápida llegada de la fase más destructiva, lo que evidenciaría foco muy cercano, y la relativamente corta duración de la misma.

Los terremotos que ocurrieron después de 1861 afectaron de diferentes formas a la ciudad de Mendoza y alrededores, pero ninguno ocasionó daños similares a los descriptos anteriormente.

4. CARACTERISTICAS SISMOLOGICAS DEL TERREMOTO

El terremoto de Mendoza fue registrado en el Red Nacional de Estaciones Sismológicas y en la de Acelerógrafos y Sismoscopios del INPRES. Once acelerógrafos SMA-1 produjeron registros, nueve de ellos con aceleraciones máximas variables entre 409 y 60 gals y distancias hipocentrales desde 20 hasta 77,6 km. Como consecuencia de ello los acelerogramas fueron utilizados para determinar el epicentro preliminar, la magnitud y los parámetros de la fuente.

Además se instaló, inmediatamente después de ocurrido el terremoto, una Red Sismológica Portátil para el registro de réplicas.

Localización del epicentro

El epicentro preliminar fue ubicado a partir de los registros de las estaciones sismológicas con el complemento de los acelerogramas cercanos, los que habían arrancado con la llegada de la onda P.

Posteriormente se hizo una relocalización en base al registro de la réplica más importante obtenida en la Red Portátil y ubicada con mucha precisión en tiempo y espacio.

Se utilizó un modelo de corteza de tres capas y un semiespacio, teniendo en cuenta para la zona más superficial los datos de perforaciones realizadas por Yacimientos Petrolíferos Fiscales en la zona epicentral, y para la zona más profunda estudios sismológicos efectuados por el INPRES.

Primera capa, entre 0 y 5 km ,	$V_p = 3,5 \text{ km/seg}$
Segunda capa, entre 5 y 20 km ,	$V_p = 5,5 \text{ km/seg}$
Tercera capa, entre 20 y 40 km ,	$V_p = 6,5 \text{ km/seg}$
Semiespacio > 40 km ,	$V_p = 7,8 \text{ km/seg}$

resultando:

Tiempo origen : 03 h - 07 m - 00,2 seg (GMT)
 Latitud : 33.12° Sur
 Longitud : 68.82° Oeste
 Profundidad : 12 km

Determinación de la Magnitud

Con el objeto de estimar la magnitud local, M_L , en ausencia de registros de sismógrafos Wood-Anderson, se utilizaron los 17 acelerogramas de componente horizontal registrados durante el terremoto. A ellos se les aplicó el procedimiento de Kanamori y Jennings (Ref. 9) a efectos de obtener los correspondientes sismogramas Wood-Anderson sintetizados, resultando un valor promedio de

$$\overline{M}_L = 6.3$$

La magnitud, m_b , fue determinada por el NEIS, obteniendo:

$$m_b = 6.0 \quad (42 \text{ observaciones})$$

$$M_{SZ} = 5.9 \quad (20 \text{ observaciones})$$

Aplicando las relaciones:

$$m_b = 1.7 + 0.8 M_L - 0.01 M_L^2$$

$$M_S = \frac{1.7 + 0.8 M_L - 0.01 M_L^2}{0.56}$$

correspondería para el terremoto de Mendoza un

$$M_L = 5.8 \quad (\text{a partir de } m_b)$$

$$M_L = 6.1 \quad (\text{a partir de } M_S)$$

Comparando estos valores con el \overline{M}_L obtenido con datos locales de

acelerogramas, éste último resulta un poco elevado. Esto podría deberse a que los valores de la función de atenuación, $-\log A_0$, para la zona de Mendoza son diferentes a los reportados por Richter para California, que fueron empleados en este estudio.

Mecanismo Focal

Se hizo una determinación de mecanismo focal usando la polaridad del primer movimiento, en base a los datos de 57 estaciones. Los resultados se muestran en la Figura 4.

Los planos nodales fueron dibujados tomando en cuenta los datos de la tectónica local. Por tal motivo se considera que el plano I es el plano de falla, lo que corresponde a una falla inversa, con rumbo aproximado N-S y buzamiento cercano a los 40° hacia el oeste.

Parámetros de la Fuente

Los acelerogramas obtenidos fueron usados también a efectos de calcular los parámetros de la fuente (momento sísmico, caída de tensión, longitud de falla, duración de la ruptura y dislocación media), tomando como base el modelo de Brune (Ref. 10) para estimar las características de las ondas transversales en el campo lejano.

Se procesaron los acelerogramas (Figuras 5a y 6a) hasta lograr el espectro de amplitud de Fourier del desplazamiento del suelo producido por las ondas de corte de cada estación de registro. Las formas espectrales resultantes para el terremoto de Mendoza (Figuras 5c y 6c), presentan, como es normal, un nivel de largo período, Ω_0 , proporcional al momento sísmico, M_0 y una frecuencia de esquina, f_0 , proporcional a r^{-1} que indica el comienzo del decaimiento del espectro de alta frecuencia.

A efectos de estimar la longitud del acelerograma a utilizar en el análisis espectral correspondiente a las ondas transversales, se calculó, para cada uno de ellos, la energía entregada por el movimiento en función del tiempo, cuantificada como $\int_0^T a^2(t) dt$ (Figura 5b y 6b) y se adoptó como T al tiempo transcurrido desde el comienzo de S hasta llegar a no menos del 80% de la energía acumulada.

Una vez obtenidos los espectros de desplazamiento, los parámetros de la fuente se estimaron asumiendo un área de ruptura circular de radio r , por medio de las clásicas fórmulas:

$$M_0 = \frac{4\pi \rho \beta^3 R \Omega_0}{R_{\theta\phi}}$$

$$r = \frac{2.34 \beta}{2\pi f_0}$$

$$\Delta\bar{V} = \frac{7}{16} \frac{M_0}{r^3}$$

Siendo: ρ la densidad del medio, β la velocidad de las ondas transversales, R la distancia hipocentral, $R_{\theta\phi}$ un factor de corrección por efectos de radiación y $\Delta\bar{V}$ la caída de tensión estática. En base a las características geológicas de la zona se adoptaron los siguientes valores: $\rho = 2.8 \text{ gm/cm}^3$, $\beta = 3.5 \text{ km/seg}$ y $R_{\theta\phi} = 0.6$.

Los resultados obtenidos como promedio del análisis de las componentes horizontales de dos estaciones de registro fueron:

$$\begin{aligned} M_0 &= 4.13 \times 10^{24} \text{ dinas cm} \\ r &= 2.03 \text{ km} \\ \Delta\bar{V} &= 177 \text{ bars} \end{aligned}$$

Además se estimó la duración de la ruptura, T_d , como la inversa de la frecuencia de esquina y la dislocación media, \bar{D} , a partir de la definición de momento sísmico

$$M_0 = \mu A \bar{D}$$

Asumiendo el módulo de rigidez para la zona superficial de la corteza como $\mu = 3 \times 10^{11} \text{ dynas/cm}^2$, se obtiene:

$$\begin{aligned} T_d &= 1.56 \text{ seg} \\ \bar{D} &= 55 \text{ cm} \end{aligned}$$

Estos valores se corresponden con los esperados para un terremoto de esta magnitud.

Distribución de Réplicas

Antes de transcurridas las 24 horas de producido el terremoto el INPRES puso en operación, en la zona epicentral, los sismógrafos MEQ-800 y MCR-600 de su Red Sismológica Móvil. Con ellos se registraron más de 500 réplicas en 36 días, de las cuales 280 fueron ubicadas con precisión, presentándose sus epicentros en la figura 7. La réplica de mayor magnitud ($M_L = 4.7$) ocurrió el día 10 de febrero de 1985.

Teniendo en cuenta la geología local y el mecanismo del terremoto principal se trazaron dos perfiles, proyectando las réplicas sobre dos planos perpendiculares entre sí: el primero en la dirección del rumbo del fallamiento y el otro perpendicular a éste, los que se muestran en las Figuras 8 y 9. Allí se observa que las réplicas se concentran a una profundidad que va de 5 a 20 km, notándose en el perfil transversal una acentuada dispersión, lo que podría responder al modelo de fallas conjugadas de alto ángulo en superficie y bajo en profundidad.

5. ANALISIS DE LOS ACELEROGRAMAS

Uno de los aspectos más destacados para el estudio del terremoto de Mendoza lo constituye la obtención de nueve acelerogramas, con una buena distribución azimutal respecto del epicentro. En el mapa de la figura 10 se muestra la ubicación de cada acelerógrafo y los valores de aceleración máxima registrados para cada una de las componentes, mientras que en la Tabla 4 se presenta un resumen de las características más importantes de dichos registros. La columna "duración aproximada" se refiere a la totalidad del movimiento, ya que la duración de la fase intensa no superó en la mayoría de los casos los 3.5 segundos.

Como puede observarse en dicha Tabla los valores de aceleraciones máximas llegan, para el caso de Las Heras, al 40.8%g, no encontrándose

una relación directa entre tales aceleraciones y los niveles de daños. Por ejemplo, tanto en Las Heras ($A_{\max} = 40.8\%g$) como en la ciudad de Mendoza ($A_{\max} = 33.2\%g$), los edificios en cuyos subsuelos se encontraban los acelerógrafos prácticamente no sufrieron daños. Por otra parte el Potencial Destructivo Horizontal (Ref. 15), tomado como la Intensidad de Arias dividido el número de cruces por cero por segundo, resulta

$$P_{DH} \text{ (Las Heras)} = 11.58 \cdot 10^{-4} \text{ g seg}^3$$

$$P_{DH} \text{ (Mendoza)} = 11.77 \cdot 10^{-4} \text{ g seg}^3$$

lo cual está más de acuerdo con el bajo poder de daños registrado en esos puntos.

Las velocidades máximas obtenidas son relativamente bajas, alcanzando 32.8 cm/seg para la ciudad de Mendoza.

En las figuras 11, 12, 13, 14 y 15 se presentan los registros corregidos de aceleración, velocidad y desplazamiento y los espectros de Fourier, Pseudo Aceleración, Velocidad Relativa, Pseudo Aceleración Normalizada y Respuesta para la componente transversal de acelerograma de Las Heras y el espectro de Pseudo Aceleración para las componentes longitudinal, vertical y transversal, factor de amortiguamiento 0.05, para el mismo acelerograma.

Las amplitudes máximas de Fourier son del orden de 140 cm/seg a frecuencias de 3 cps, lo que está de acuerdo con el valor máximo del espectro de respuesta de velocidad para amortiguamiento nulo.

Los espectros de respuesta de pseudo aceleración absoluta para un factor de amortiguamiento 0.05, presentados en la Figura 14, para las tres componentes de aceleración, muestran formas que se correlacionan con aquellas características para suelos firmes. Por otra parte los espectros de respuesta normalizados con respecto a la aceleración máxima del suelo, en Las Heras, permiten observar los factores de amplificación correspondientes a cada período, los que, en este caso, no superan el valor de 4, coincidiendo con lo obtenido para eventos sísmicos de características similares.

6. ANALISIS DE DAÑOS Y EVALUACION DE PERDIDAS

Con el objeto de mostrar cualitativa y cuantitativamente los efectos producidos por este terremoto, se presenta la distribución de intensidades sísmicas y la evaluación parcial de pérdidas económicas ocasionadas por el mismo.

Distribución de Intensidades

El terremoto de Mendoza afectó solamente a las construcciones convencionales y muy especialmente a las viviendas de adobe, no produciendo daños en obras de infraestructura ni tampoco se observaron importantes fenómenos de suelo.

La zona más afectada, considerando tanto el número de construcciones dañadas como la magnitud de los daños, fue el Gran Mendoza, donde se asienta la mitad de la población de la provincia. Sin embargo la distribución de los mismos no fue uniforme, produciéndose concentraciones de daños en áreas pequeñas, lo que debió estar relacionado, fundamentalmente, con las propiedades del suelo en cada lugar. Estas áreas se localizaron, principalmente en los departamentos Godoy Cruz y Las Heras.

A partir de los relevamientos efectuados por personal de INPRES y de la información suministrada por las Municipalidades se elaboró el mapa de distribución de intensidades que se presenta en las Figuras 16 y 17. Para ello se han considerado valores medios de daños en cada área sin tener en cuenta efectos locales.

En general, los daños predominantes en construcciones de adobes o de mampostería de ladrillo muy antiguas se manifestaron como grietas en las paredes, corrimientos de techos, muros fuera de la vertical y caídas de cornisas, produciéndose muy pocos colapsos. Este fue uno de los motivos por lo que fue muy reducido el número de víctimas.

Los daños observados en estructuras de hormigón armado mostraron, en general, un comportamiento frágil de las mismas. Se comprobó falta de confinamiento del hormigón, pandeo localizado de barras de armadura longitudinal de columnas y deficiencias en las armaduras de tabiques sismorresistentes, habiéndose reiterado fallas por efectos de columna corta.

No se observaron evidencias, en el centro de la ciudad de Mendoza, de que los edificios de altura de hormigón armado hayan sido requeridos más allá de la fase elástica. Sin embargo se detectaron daños muy importantes en elementos no estructurales de estos edificios.

No se comprobaron daños en puentes, viaductos y obras de arte.

No se observaron agrietamientos del suelo, asentamientos diferenciales o deslizamientos, ni tampoco evidencias de licuación de suelo.

El colapso parcial del Hospital del Carmen, en Godoy Cruz, construcción mixta muy antigua, constituye una seria advertencia para que las autoridades recapaciten sobre la necesidad que los edificios con destinos especiales tengan suficiente protección sismorresistente.

Evaluación Preliminar de Pérdidas Económicas

Como ocurre en la mayoría de los terremotos destructivos que afectan a grandes núcleos urbanos, la tarea más difícil, desde el punto de vista práctico, es la de evaluar detalladamente las pérdidas producidas por el sismo en términos económicos. Ello es debido a muchos factores, siendo el más importante lo difícil que resulta contar con un grupo de personal capacitado técnicamente para realizar los relevamientos del tipo y magnitud de los daños. Normalmente los municipios no cuentan con suficientes técnicos ni con los recursos financieros y facilidades administrativas necesarios para contratarlos.

En el caso particular del terremoto de Mendoza, las municipalidades de los Departamentos más afectados tuvieron la inestimable colaboración espontánea de profesionales y técnicos de la construcción quienes participaron activamente en esos relevamientos. Sin embargo dichos trabajos no fueron uniformes para toda la zona dañada ya que, mientras en algunos municipios se inspeccionó construcción por construcción, en otros se efectuó el relevamiento de, únicamente, las construcciones denunciadas como afectadas por el terremoto. Esto trajo aparejado una incorrección en la evaluación porque en muchos casos no se hicieron las denuncias de daños por temor a quedarse sin vivienda y en otros se magnificaron los efectos con el

objeto de conseguir créditos bancarios a muy bajos intereses.

En la actualidad el INPRES está trabajando en la recopilación, clasificación y evaluación de toda la información existente en cada municipio con la finalidad de cuantificar, lo más objetivamente posible, las pérdidas producidas por este terremoto.

A modo de ejemplo se presenta a continuación una síntesis de los avances alcanzados en el caso particular del Departamento Godoy Cruz, uno de los más afectados por este terremoto.

En la Tabla 5 se presenta un resumen de la edificación existente en este Departamento antes de producirse el terremoto del 26 de enero de 1985, diferenciada de acuerdo a su aptitud sismorresistente y agrupada por Sección dentro de cada uno de los cinco Distritos que componen el Departamento.

En las Figuras 18, 19, 20, 21 y 22 se muestra la distribución de daños por manzana agrupado en seis categorías, de acuerdo al porcentaje de viviendas a demoler: 1) Sin daños; 2) Areas con daños puntuales (1 al 15%); 3) Areas medianamente afectadas (16 al 33%); 4) Areas afectadas (34 al 50%); 5) Areas muy afectadas (51 al 80%) y 6) Areas con destrucción total (81 al 100%). En ellas se observa la distribución de daños en forma cualitativa.

El equipo técnico de la Municipalidad de Godoy Cruz realizó 15.780 inspecciones produciendo el siguiente dictamen:

Edificios a demoler	:	4.401
Edificios recuperables	:	2.283
Edificios en observación	:	7.785
Edificios no afectados	:	1.311

Considerando valores globales del costo de los items intervinientes, tendremos:

1) Pérdidas efectivas.

a) Costo de edificios a demoler:

$$4.401 \times 2.000 \text{ U\$} \cong 8.800.000 \text{ U\$}$$

b) Costo de demolición y transporte:

$$4.401 \times 300 \text{ U\$} \cong 1.300.000 \text{ U\$}$$

c) Costo de reparación:

$$2.283 \times 300 \text{ U\$S} \cong 700.000 \text{ U\$S}$$

d) Costo de reparación de los edificios en observación:

$$7.785 \times 150 \text{ U\$S} \cong 1.200.000 \text{ U\$S}$$

$$\text{Total de pérdidas efectivas} = 12.000.000 \text{ U\$S}$$

2) Costo de reposición de edificios:

$$4.401 \times 15.000 \text{ U\$S} \cong 66.000.000 \text{ U\$S}$$

Seguramente estos valores serán modificados a medida que se obtengan datos más precisos en el análisis detallado que se está realizando. Sin embargo sirven para tener una idea de las pérdidas directas en edificación, producidas por el terremoto del 26 de enero de 1985. Si consideramos, de acuerdo a la Tabla 2, que el Departamento de Godoy Cruz representa solamente alrededor de un 25% del total de edificios del Gran Mendoza, podremos comprender la importancia de las pérdidas ocasionadas por este terremoto, el cual no representa al terremoto potencial máximo que puede afectar a esta región.

7. CONCLUSIONES

El terremoto de Mendoza del 26 de enero de 1985 fue una nueva manifestación de la elevada actividad sísmica existente en esta región de la República Argentina, debiéndose tener en cuenta que, por su historia sísmica y sus evidencias geotectónicas, este evento registró una magnitud bastante por debajo de la potencialidad máxima de la zona.

No se observaron desplazamientos superficiales relacionados con este terremoto, lo que era de esperar debido a la moderada magnitud, a la profundidad de foco y al tipo de formaciones geológicas que prevalecen en el área epicentral.

Una de las particularidades más destacables fue la obtención de nueve registros de acelerógrafos con una buena distribución espacial respecto al epicentro. A partir de ellos se determinaron los

parámetros de la fuente y las características de respuesta espectral de cada uno de los lugares, siendo además esos datos muy importantes para los estudios locales de atenuación que se están realizando.

La mayor concentración de daños graves se produjo en construcciones de adobe. La poca duración de la fase intensa ocasionó muy pocos colapsos y, por consiguiente, pocas víctimas.

En general, los daños registrados en estructuras de hormigón armado muestran un comportamiento frágil de las mismas.

No se detectaron daños en obras de infraestructura ni tampoco fenómenos de suelo.

Se detectaron daños muy importantes en elementos no estructurales de los edificios en altura.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está basado en las investigaciones que realiza el INPRES sobre el Terremoto de Mendoza, por lo que debe quedar expresado mi agradecimiento a todo el personal de este Instituto que ha colaborado en esta tarea.

Asimismo debe destacarse la importante colaboración, mediante el suministro de datos, de las Municipalidades de los Departamentos del Gran Mendoza y de la Dirección Provincial de Catastro de esa Provincia.

9. REFERENCIAS

- 1 - Comité Censal Provincial. "Censo Nacional de Población y Vivienda 1980 - Resultados Provisorios Corregidos". Mendoza. Argentina. 1980.
- 2 - Gray de Cerdán, Nelly A. y otros. "La Necesidad de un cambio de actitud". Cátedra de Geografía Urbana y Urbanismo. Instituto de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la U.N.C. Mendoza. Argentina. 1985.
- 3 - Municipalidad de Godoy Cruz. "Relevamiento de daños producidos por el terremoto del 26.01.85". Comunicación Personal. Mendoza. Argentina. 1985.
- 4 - Verdaguer, P. "Historia eclesiástica de Cuyo". Mendoza. Argentina.
- 5 - Revista de la Junta de Estudios Históricos de Mendoza. "El terremoto de Mendoza del 20 de marzo de 1861". Volumen X. Mendoza. Argentina. 1938.
- 6 - INPRES. "El terremoto de Mendoza, Argentina, del 26 de enero de 1985 - Informe General". Instituto Nacional de Prevención Sísmica. Argentina. 1985.
- 7 - Dirección Provincial de Catastro de la Provincia de Mendoza. Relevamiento de edificios. Comunicación personal. 1986.
- 8 - Castano, J. C. y Millán M. H. "Earthquake damage and loss estimates in Mendoza city, Argentina". Reunión General Proyecto SISRA, San Juan. Argentina. 1984.
- 9 - Kanamori, H. and Jennings, P. C. "Determination of local magnitude, M_L , from strong motion accelerograms". B.S.S.A. Vol. 68-2, 1978.
- 10- Brune, J. N. "Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes". J.G.R. Vol. 75-26, 1970.
- 11- McGuire, R. K. and Hanks, T. C. "RMS accelerations and spectral amplitudes of strong ground motion during the San Fernando, California earthquake". B.S.S.A. - Vol. 70-5, 1980.
- 12- Fletcher, J. B. y otros. "Strong motion accelerograms of the Oroville, California, Aftershocks". B.S.S.A. - Vol. 70-1, 1980.
- 13- Hartzell, S. H. and HelMBERGER, D. V. "Strong motion

modelling of the Imperial Valley Earthquake of 1979". B.S.S.A.
- Vol. 72-2, 1982.

- 14- Giuliano, A. P. y otros. "Potencial de daños de recientes terremotos argentinos. Análisis de acelerogramas". Memorias B: Ingeniería Estructural. Colloquia 85. Tomo VI. Buenos Aires, Argentina. 1985.
- 15- Araya, R. y Saragoni, G. R. "Earthquake Accelerogram Destructiveness Potential Factor". 8th W.C.E.E. San Francisco, California, 1984.

TABLA 1

POBLACION DEL GRAN MENDOZA, POR DEPARTAMENTOS,
 CUYA SUPERFICIE SE INTEGRA PARCIALMENTE AL
 AGLOMERADO (SEGUN REF. 1)

DEPARTAMENTO	HABITANTES	% POBLACION TOTAL DE LA PROVINCIA
Capital	118.427	9,9 %
Las Heras	96.545	8,1 %
Guaymallén	157.334	13,2 %
Godoy Cruz	141.553	11,8 %
Maipú	47.763	4,0 %
Luján	35.174	2,9 %
TOTAL	596.796	49,9 %

TABLA 2

CARACTERISTICAS DE LOS EDIFICIOS DEL GRAN MENDOZA ANTES DEL TERREMOTO
 DEL 26/01/85 (SEGUN REF. 2)

DEPARTAMENTO	TOTAL	EDIFICIOS			ESTADO ACTUAL		
		MAMPOSTERIA	ADOBE	MIXTO	BUENO	REGULAR	MALO
Capital	24.952	15.441	*(1)	9.511	15.441*	9.511*	----
	100 %	61.8 %		38.2 %	61.8 %	38.2 %	----
Las Heras	21.649	13.253	5.398	2.998	11.835	7.392	2.346
	100 %	61.2 %		38.8 %	54.9 %		45.1 %
Guaymallén	32.155	19.892	7.682	4.581	22.057	7.924	2.174
	100 %	61.8 %		38.2 %	68.5 %		31.5 %
Godoy Cruz	34.568	23.404	6.699	4.465	23.550	8.275	2.241
	100 %	67.7 %		32.2 %	68.1 %		30.3 %
Maipú	11.740	6.664	3.427	1.649	7.157	3.880	703
	100 %	56.7 %		43.3 %	60.9 %		39.1 %
Gran Mendoza	125.064	78.654	23.206	23.204	80.040	36.982	7.464
T. Absol. %	100 %	62.8 %		37.2 %	63.9 %		35.4 %

TABLA 3

TERREMOTOS DESTRUCTIVOS QUE AFECTARON AL GRAN MENDOZA

N	FECHA	LAT (S)	LONG (O)	H(km)	MAG	IMM (MAX) en Gran Mendoza
1	22 05 1782	33.0	69.2	Sup.	7.0 Ms	VIII
2	20 03 1861	32.9	68.9	Sup.	7.0 Ms	IX
3	27 10 1894	30.5	68.4	Sup.	7.5 Ms	VI
4	12 08 1903	32.1	69.1	Sup.	6.0 Ms	VII
5	27 07 1917	32.3	68.9	Sup.	6.5 Ms	VII
6	17 12 1920	32.7	68.4	Sup.	6.0 Ms	VI
7	14 04 1927	32.0	69.5	110.0	7.1 Ms	VII
8	15 01 1944	31.4	68.4	30.0	7.4 Ms	VI
9	25 04 1967	32.7	69.1	45.0	5.4 Mb	VI
10	23 11 1977	31.0	67.7	13.0	7.4 Ms	VII
11	26 01 1985	33.1	68.8	12.0	5.7 M _L	VIII

TABLA 4

VALORES MAXIMOS DEL MOVIMIENTO DEL SUELO REGISTRADOS DURANTE
EL TERREMOTO DE MENDOZA DEL 26/01/85

ESTACION	AZIMUT (o)	DISTANCIA HIPOCENTRAL (Km)	DURACION APROXIMADA (seg)	A máx % g	V máx cm/seg	D máx cm
MAIPU	8.7	20.0	25	19.0	15.75	3.25
LAVALLE	25.9	50.2	53	6.0	6.14	1.12
SAN MARTIN	82.7	34.3	43	8.0	4.92	.47
TUNUYAN	198.6	55.9	52	11.1	6.08	.50
POTRERILLOS	297.7	42.1	31	10.6	3.31	.25
USPALLATA	319.7	77.6	16	11.3	5.91	.68
E.DE AMICIS	357.1	28.2	26	33.2	32.84	4.81
AGUA Y ENERGIA	357.2	27.2	20	10.1	11.56	1.49
LAS HERAS	359.1	33.1	35	40.8	26.98	3.57

TABLA 5 - PROVINCIA DE MENDOZA

DEPARTAMENTO GODOY CRUZ

**CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION EXISTENTE PREVIA AL TERREMOTO
DEL 26/01/85**

DISTRITO	SECCION	CANTIDAD DE EDIFICIOS			SUPERFICIE CUBIERTA (m ²)		
		S.RES	NO S.RES	TOTAL	S.RES	NO S.RES	TOTAL
01	01	688	303	991	75445	38858	114303
	02	473	825	1298	66599	115361	181960
	03	845	644	1489	154062	100246	254268
	04	426	200	626	77819	53233	131052
	05	319	232	551	75943	42679	118622
	06	604	342	946	125606	59707	185313
	07	663	316	979	83000	44942	127942
	08	748	766	1514	99237	117301	216538
	09	28	0	28	2151	0	2151
	10	149	24	173	55007	2766	57773
	11	576	10	577	68139	1312	69451
	12	704	151	855	69130	15864	84994
	13	735	419	1154	81566	53308	134874
	14	681	85	766	93773	15113	108886
	15	347	403	750	79198	88301	167499
	16	598	600	1198	111216	116217	227433
	17	486	582	1068	83472	93756	177228
	18	152	393	545	27187	62411	89598
	19	152	151	303	15869	20750	36619
	20	134	178	312	20522	24230	44752
	21	273	344	617	34522	40533	75055
	22	386	583	969	67746	125976	193722
TOTALES DISTRITO		10158	7551	17709	1567169	1232864	2800033
02	02	6	10	16	726	2384	3110
	03	32	23	55	12445	10909	23354
	04	2	2	4	657	294	951
	05	791	2	793	107491	225	107716
	06	403	1	404	38037	77	38114
	07	2	0	2	224	0	224
	08	285	33	318	33561	6110	40637
	09	37	0	37	2620	0	2620
	TOTALES DISTRITO		1558	71	1629	195761	19999
03	01	122	37	159	16371	10720	27091
	02	169	49	218	18515	6286	24801
	03	3	5	8	532	510	1042
	04	69	1	70	38726	716	39442
	05	215	202	417	25264	61465	86729
	06	248	127	375	59107	19510	78617
	07	1437	0	1437	86313	0	86313
	08	360	0	360	49252	0	49252
TOTALES DISTRITO		2623	421	3044	294080	99207	393287

DISTRITO	SECCION	CANTIDAD DE EDIFICIOS			SUPERFICIE CUBIERTA (m**2)		
		S.RES	NO S.RES	TOTAL	S.RES	NO S.RES	TOTAL
04	01	90	1	91	10417	106	10523
	02	663	234	897	78564	34127	112691
	03	511	297	808	67280	49183	116463
	04	271	131	402	36323	17050	53373
	05	138	99	237	24203	17264	41467
	06	718	23	741	76945	2114	79059
	07	281	0	281	30131	0	30131
	08	136	223	359	15411	25422	40833
	09	7	0	7	448	0	448
TOTALES DISTRITO		2815	1008	3823	339722	145266	484988
05	01	796	5	801	82729	582	83311
	02	301	55	356	27122	8214	35336
	03	453	3	456	49658	530	50188
	04	462	36	498	83782	4594	88376
	05	1	0	1	14485	0	14485
TOTALES DISTRITO		2013	99	2112	257776	13920	271696

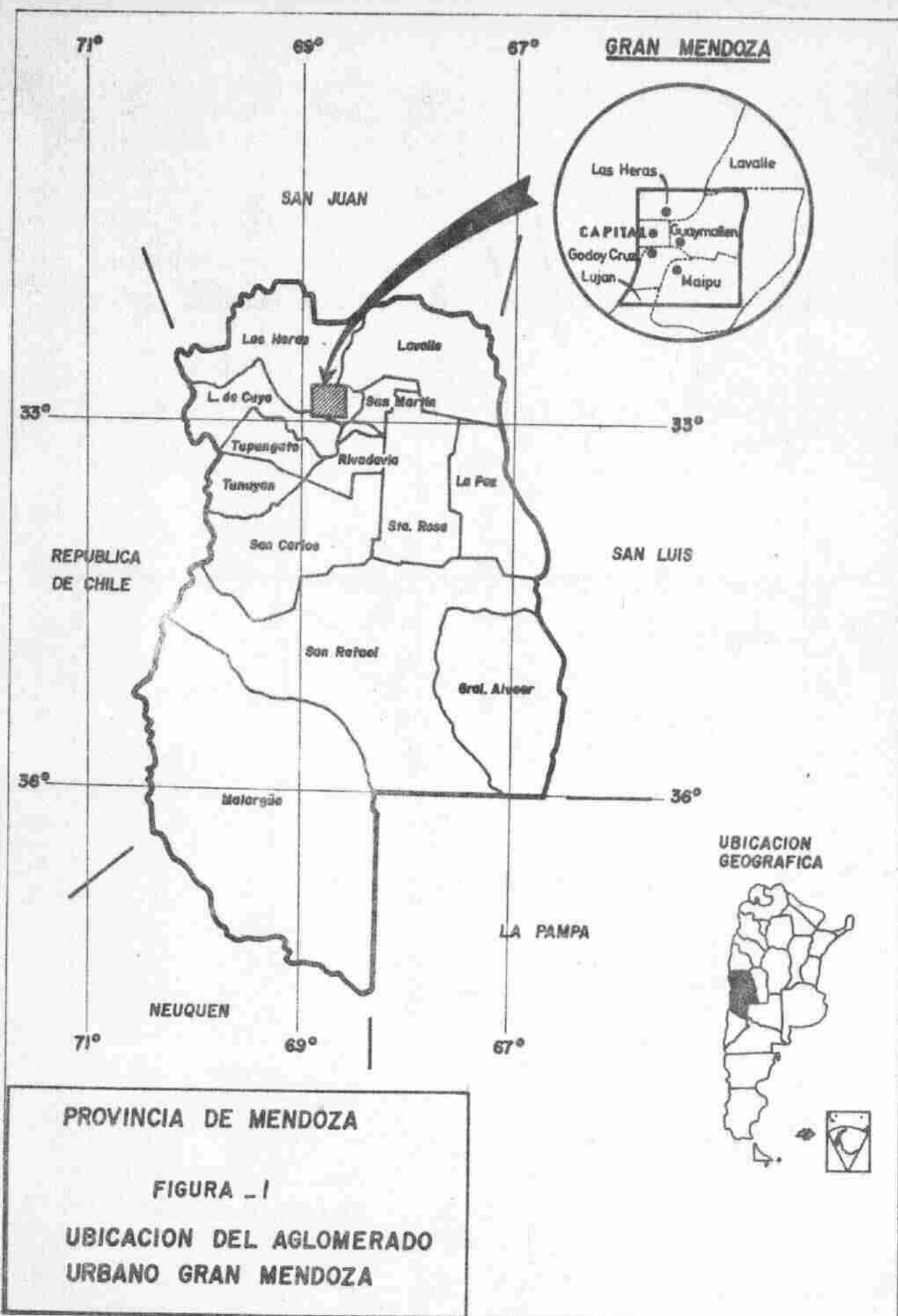
**CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION RURAL PREVIA AL TERREMOTO
DEL 26/01/85**

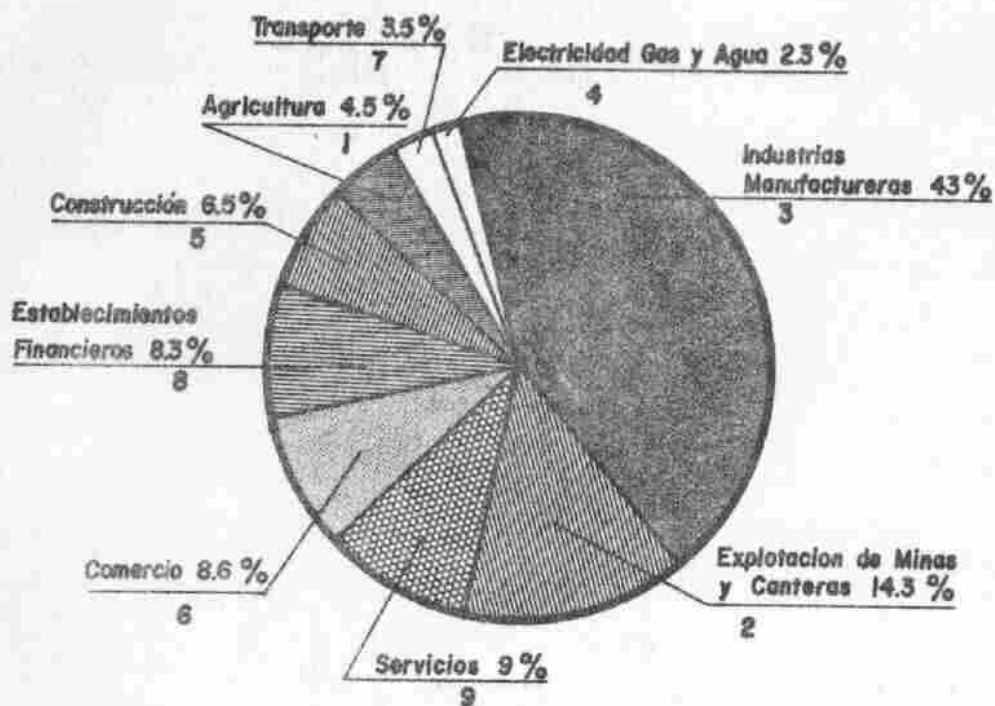
DISTRITO	SECCION	CANTIDAD DE EDIFICIOS			SUPERFICIE CUBIERTA (m**2)		
		S.RES	NO S.RES	TOTAL	S.RES	NO S.RES	TOTAL
01	04	0	1	1	0	32767	32767
	15	2	3	5	1374	691	2065
	16	0	1	1	0	1000	1000
	17	0	1	1	1	300	300
	18	79	51	130	6273	4237	10510
	19	1	4	5	80	555	635
	TOTALES DISTRITO		82	61	143	7727	39550
02	01	5	5	10	405	1921	2326
	02	97	104	201	9333	12726	22059
	03	2	4	6	1349	10226	11575
	04	1	2	3	5	148	153
	05	268	4	272	27107	349	27456
	07	264	0	264	23887	0	23887
	08	3	6	9	347	612	959
	TOTALES DISTRITO		640	125	765	62433	25982
03	01	119	219	338	13522	30040	43562
	02	159	92	251	15013	11106	26119
	03	10	47	57	1555	6232	7787
	04	606	20	626	55619	3383	59002
	05	54	94	148	5845	13332	19177
	06	145	107	252	14187	15685	29872
	07	1	0	1	72	0	72
TOTALES DISTRITO		1094	579	1673	105813	79778	185591

DISTRITO	SECCION	CANTIDAD DE EDIFICIOS			SUPERFICIE CUBIERTA (m ²)X			
		S.RES	NO S.RES	TOTAL	S.RES	NO S.RES	TOTAL	
04	01	8	4	12	1055	5876	6931	
	04	49	10	59	4415	1023	5438	
	05	66	21	87	9876	7518	17394	
	06	1	0	1	614	0	614	
	07	582	6	588	54511	1986	56497	
	08	1	0	1	56	0	56	
	TOTALES DISTRITO		707	41	748	70527	16403	86930

RESUMEN

	SISMORESISTENTE	NO SISMORESISTENTE	TOTAL
NUM. VIVIENDAS	21.690	9.956	31.646
PORCENTAJE	68.50%	31.50%	100%
SUPERFICIE (m ²)	2.901.008	1.672.969	4.573.997
PORCENTAJE	63.40%	36.60%	100%





- 1- Agricultura, Caza, Silvicultura y Pesca
- 2- Explotación de Minas y Canteras
- 3- Industrias Manufactureras
- 4- Electricidad, Gas y Agua
- 5- Construcción
- 6- Comercio al por Mayor y al por Menor y Restaurantes y Hoteles
- 7- Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones
- 8- Establecimientos Financieros, Seguros, Bienes Inmuebles y Servicios Prestados a las Empresas
- 9- Servicios Comunes, Sociales y Personales

FIGURA _ 2

**PARTICIPACION RELATIVA DE LOS COMPONENTES
DEL P.B.I DE MENDOZA**

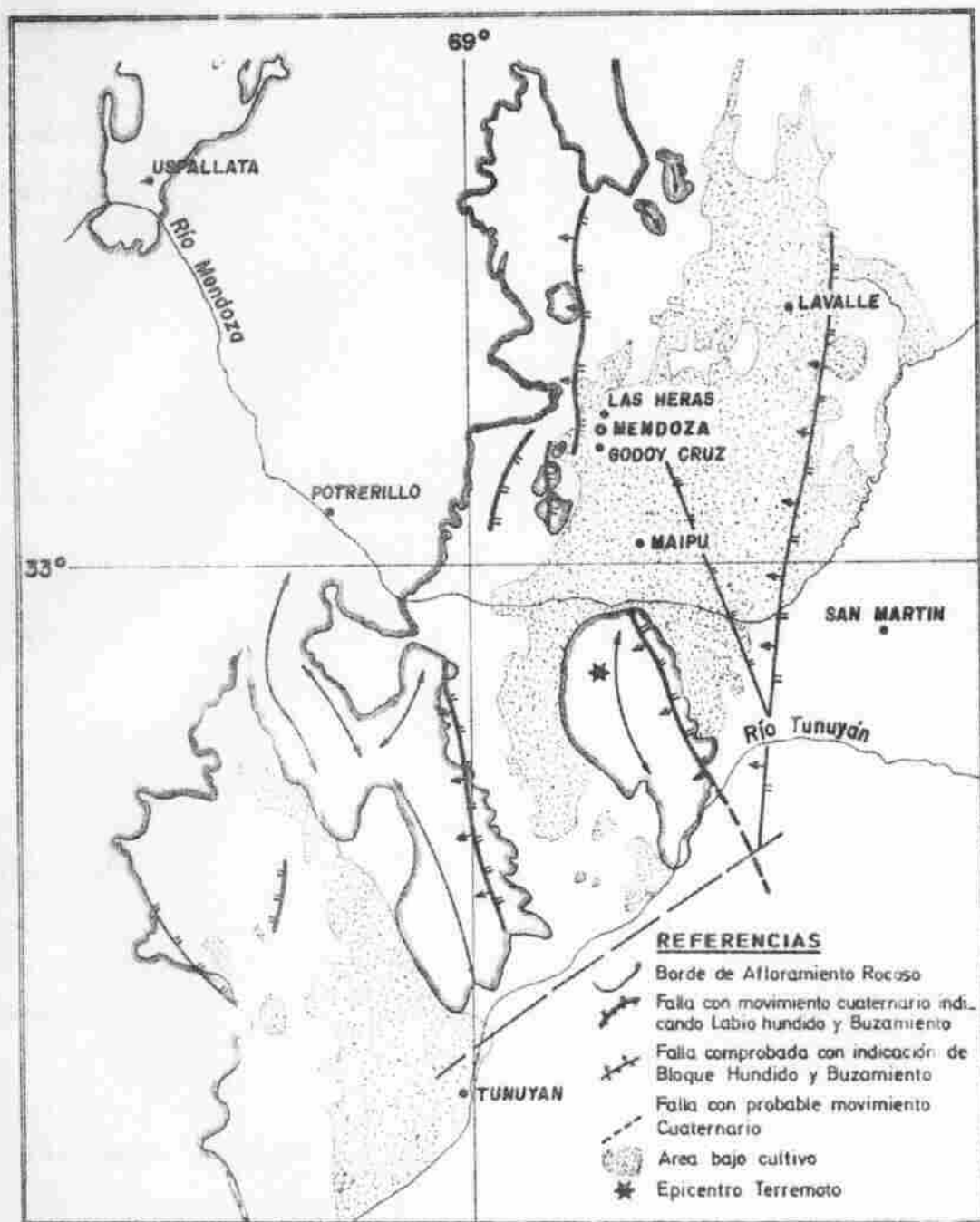


FIGURA _3

**FALLAMIENTO CUATERNARIO
EVIDENCIAS SUPERFICIALES**

MECANISMO DE FOCO

IDENT DEL EPICENTRO ES NO : MZ85

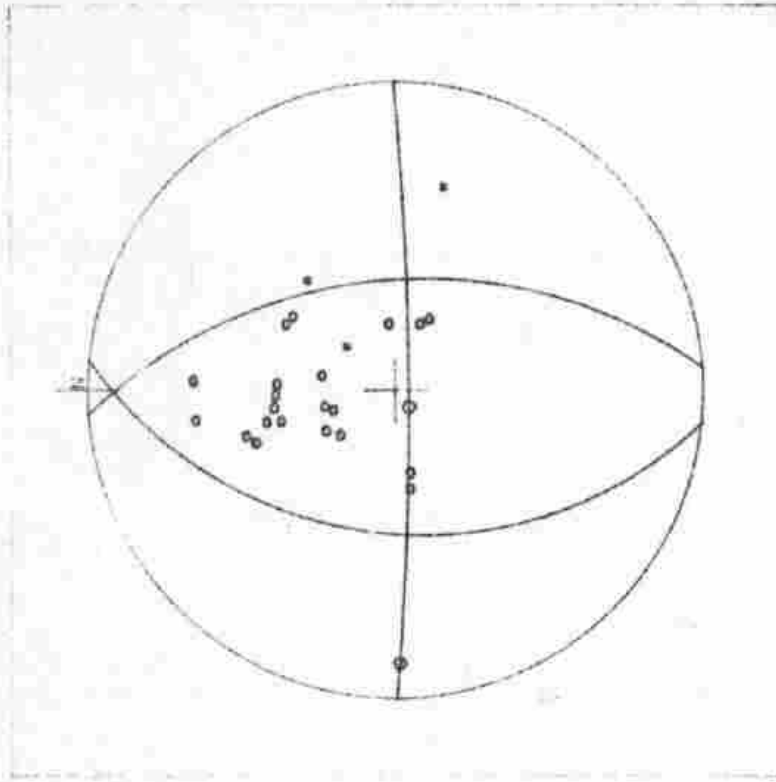
FECHA : 28 - 1 - 85

LATITUD : -33.1230

HORA : 3 7 .3

LONGITUD : -68.8230

PROF. : 12.8



FI (PLANO (I)) = 175.5279
 FI (PLANO (II)) = 6.2054
 DELTA (PLANO (I)) = 58.3145
 DELTA (PLANO (II)) = 48.1587
 FI (P) = 228.2818
 FI (T) = 269.1638
 DELTA (P) = 82.1122
 DELTA (T) = 7.8753
 LAMDA = 259.5215
 DESPLAZAMIENTO = 79.8215

- COMPRESION
- DILATACION
- ◐ COMPRESION DUDOSA
- ◑ DILATACION DUDOSA
- ? INDEFINIDO

FIGURA - 4

SGD IMPRES

Terremoto : MENDOZA 26 DE ENERO DE 1985
 Registro : MUNICIPALIDAD DE LAS HERAS
 Componente : TRANSVERSAL

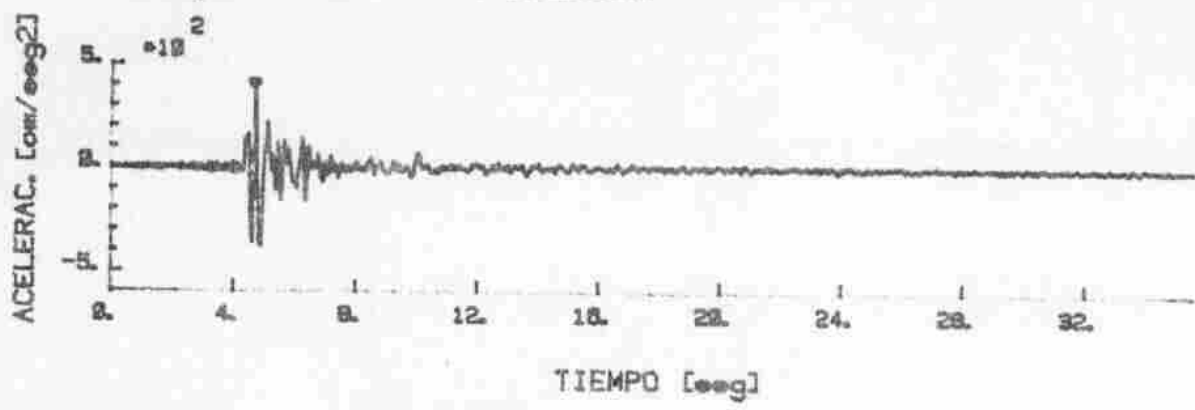


FIGURA - 5a

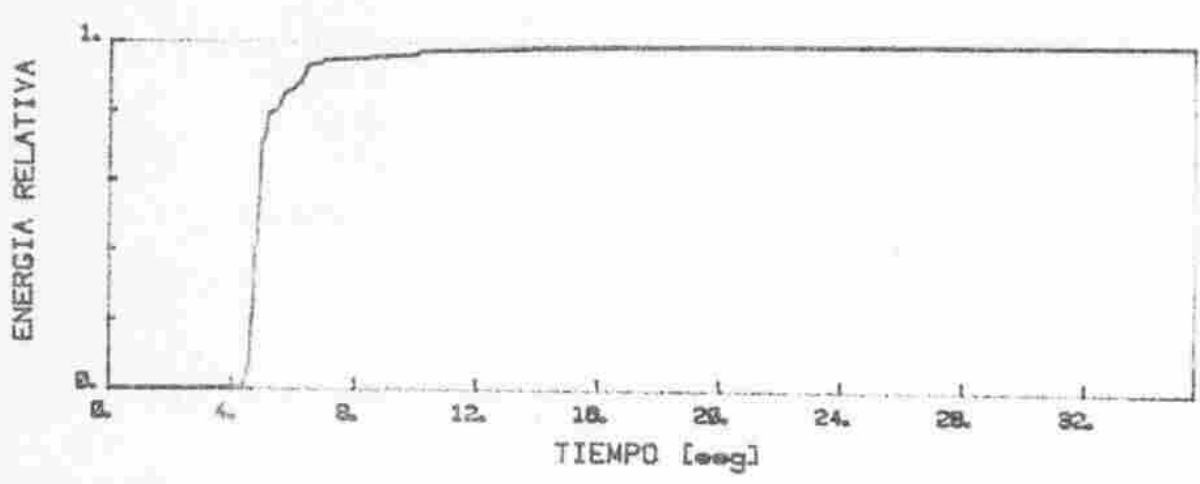


FIGURA - 5b

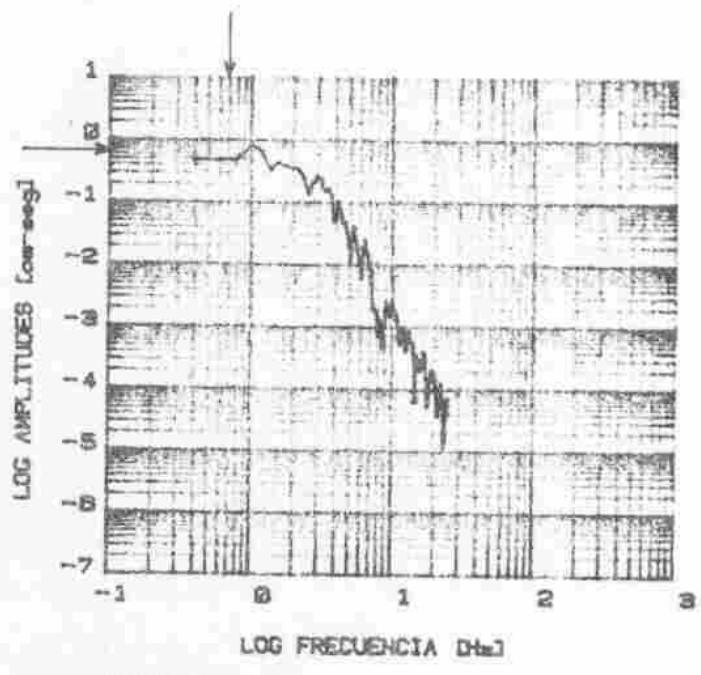


FIGURA - 5c

Terremoto : MENDOZA 26 DE ENERO DE 1985
 Registro : MUNICIPALIDAD DE MAIPU
 Componente : TRANSVERSAL

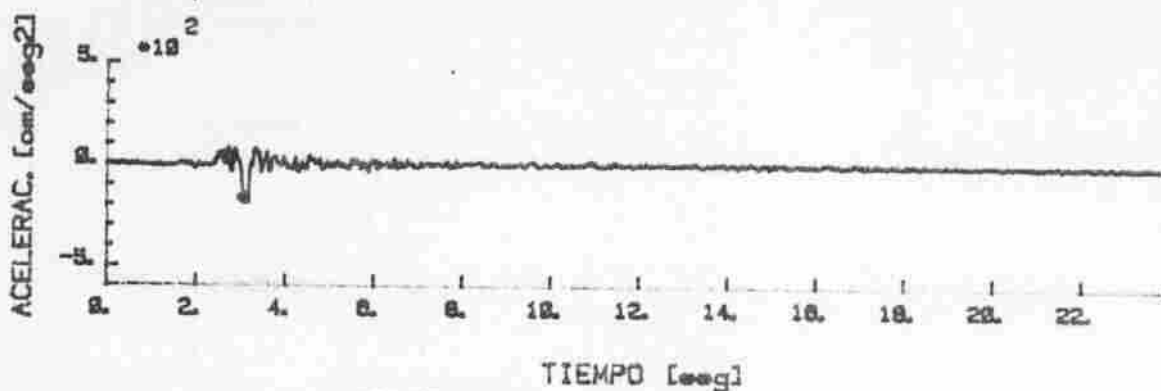


FIGURA _6a

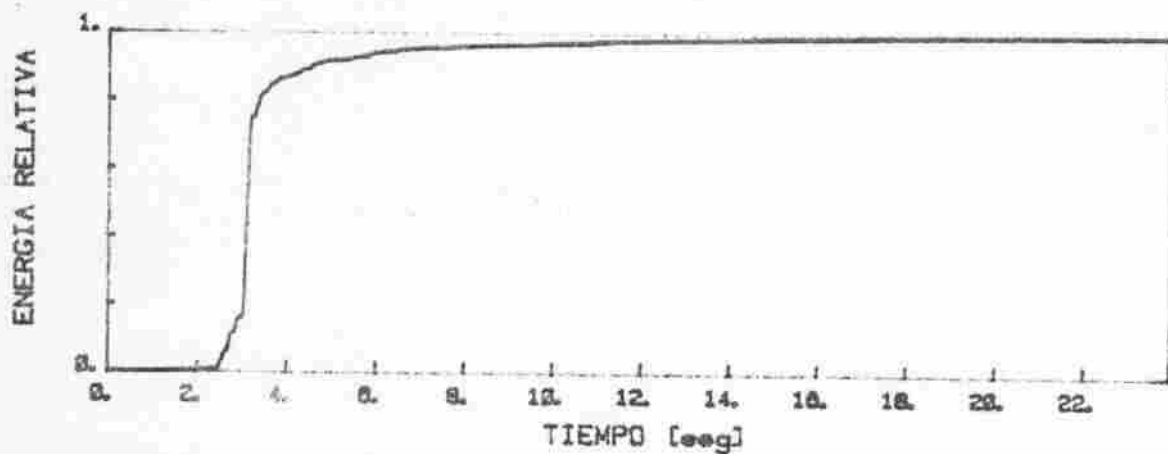


FIGURA _6b

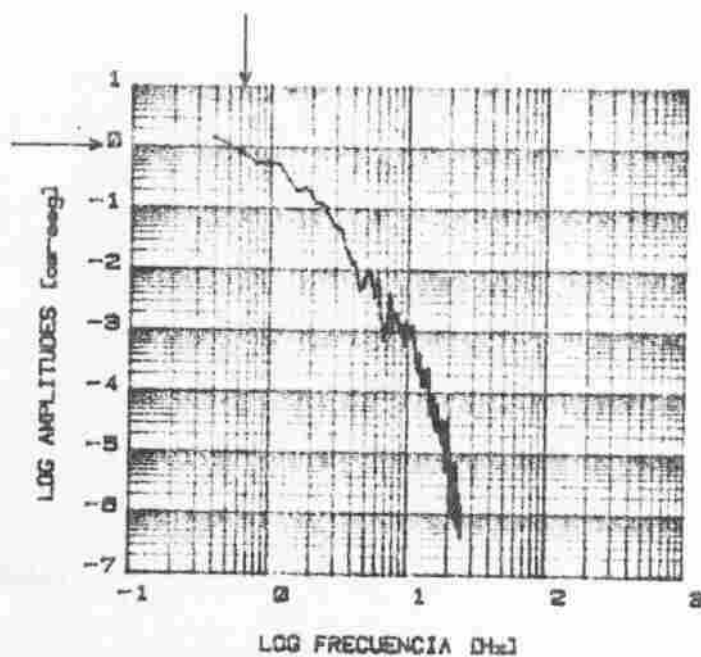
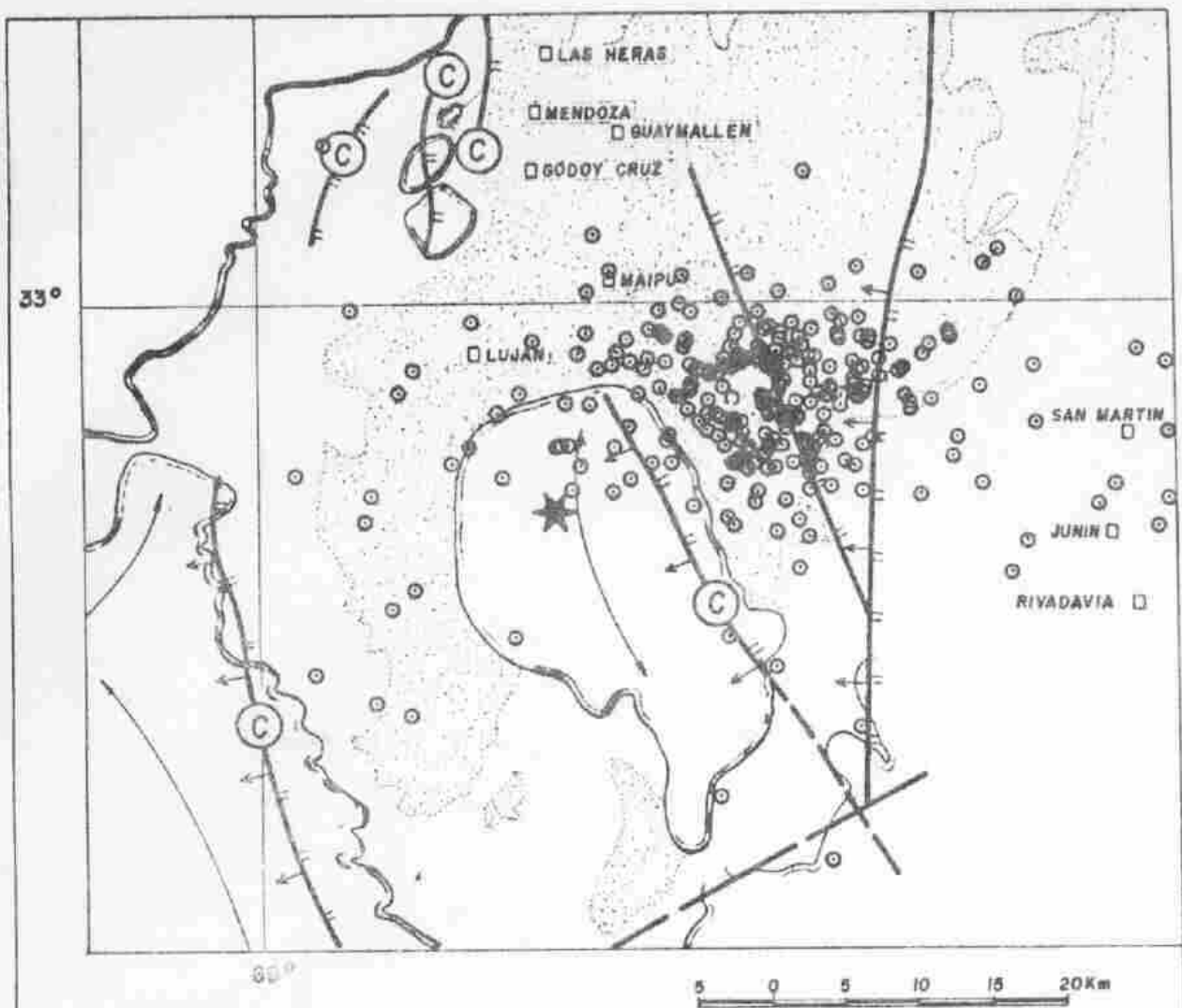


FIGURA _6c



REFERENCIAS :








-  Borde Afloramiento Rocoso
-  Falla Comprobada con Indicación de Bloque Hundido y Buzamiento
-  Estructura Plegada
-  Area Bajo Cultivo
-  Epicentro Terremoto Principal
-  Falla con Movimiento Cuaternario
-  Epicentro de Réplica

FIGURA _7 DISTRIBUCION DE EPICENTROS DE REPLICAS DEL TERREMOTO DE MENDOZA

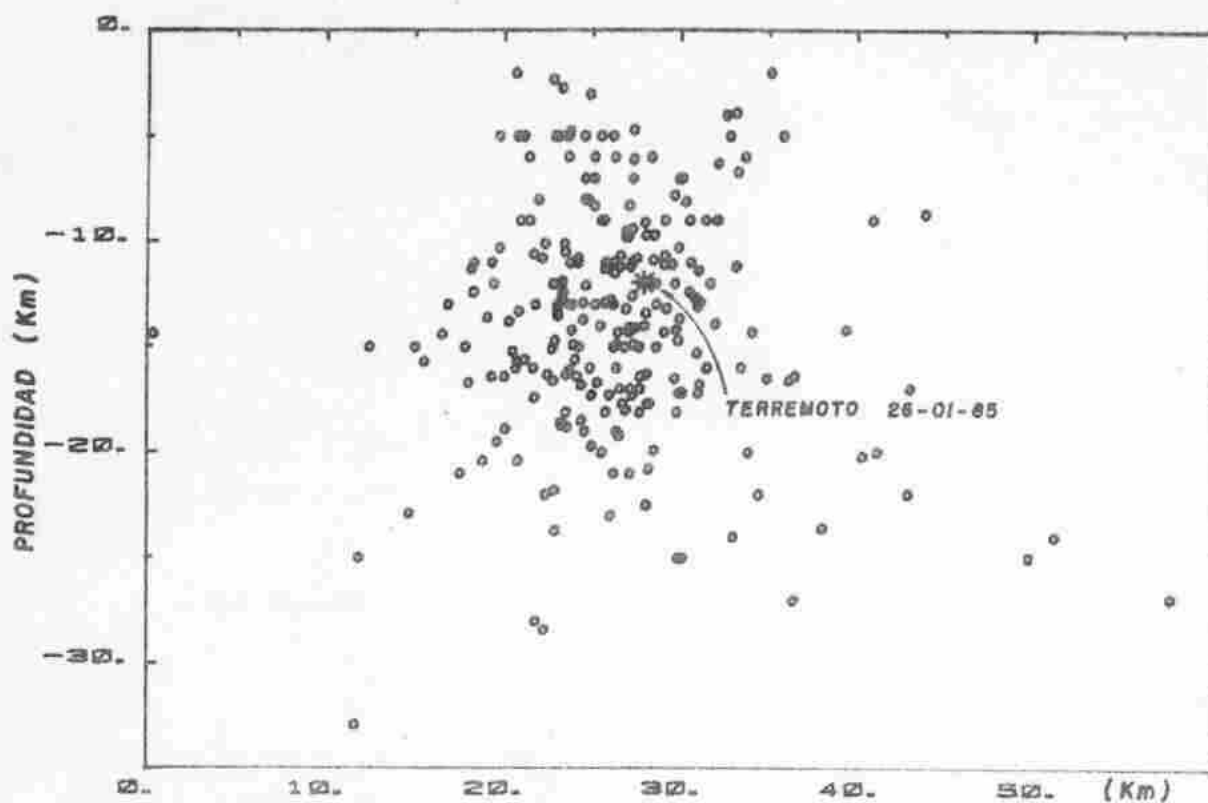


FIGURA _ 8 DISTRIBUCION DE REPLICAS EN PROFUNDIDAD EN SENTIDO DEL RUMBO DEL FALLAMIENTO

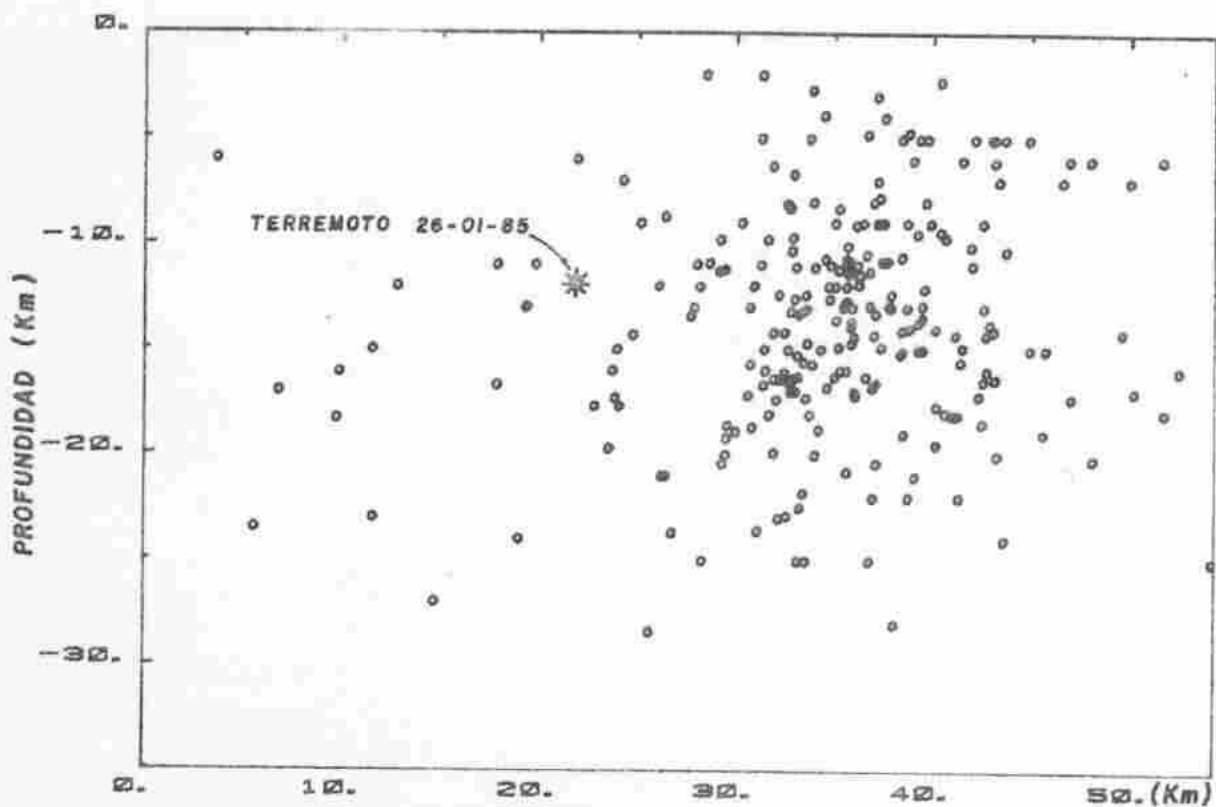


FIGURA _ 9 DISTRIBUCION DE REPLICAS EN PROFUNDIDAD EN SENTIDO TRANSVERSAL AL RUMBO DEL FALLAMIENTO

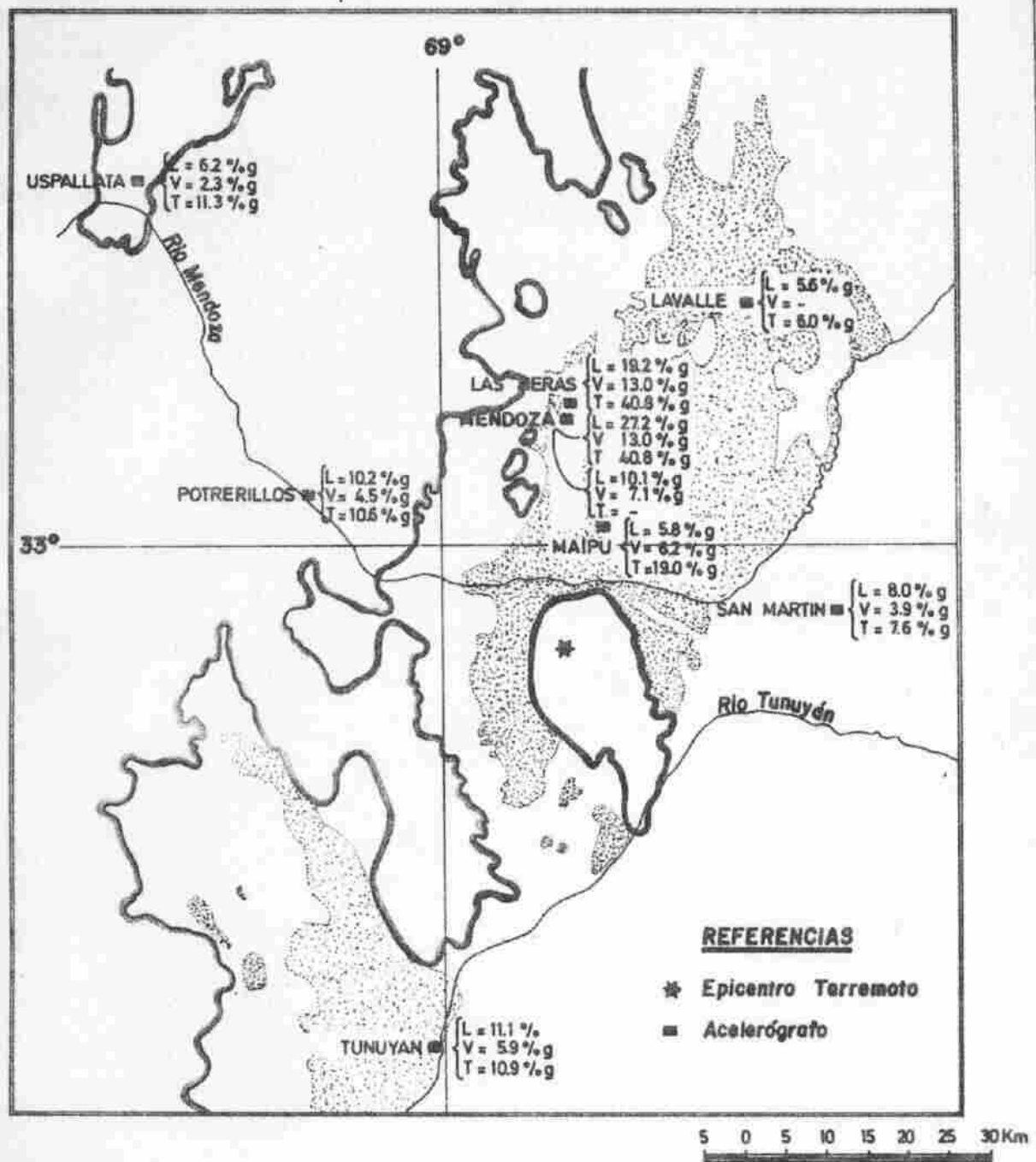


FIGURA _ 10

**UBICACION DE ACELEROGRAFOS ACTIVADOS
DURANTE EL TERREMOTO DE MENDOZA**

COMPONENTE TRANSVERSAL

SISMO : LHERAS MZA26ENE85
FECHA DE OCURRENCIA.....: 26 / 1 / 85
HORA DE OCURRENCIA.....: 0 He 7 min 29.00 seg
ACELEROGRAFO RECEPTOR.....: 61111

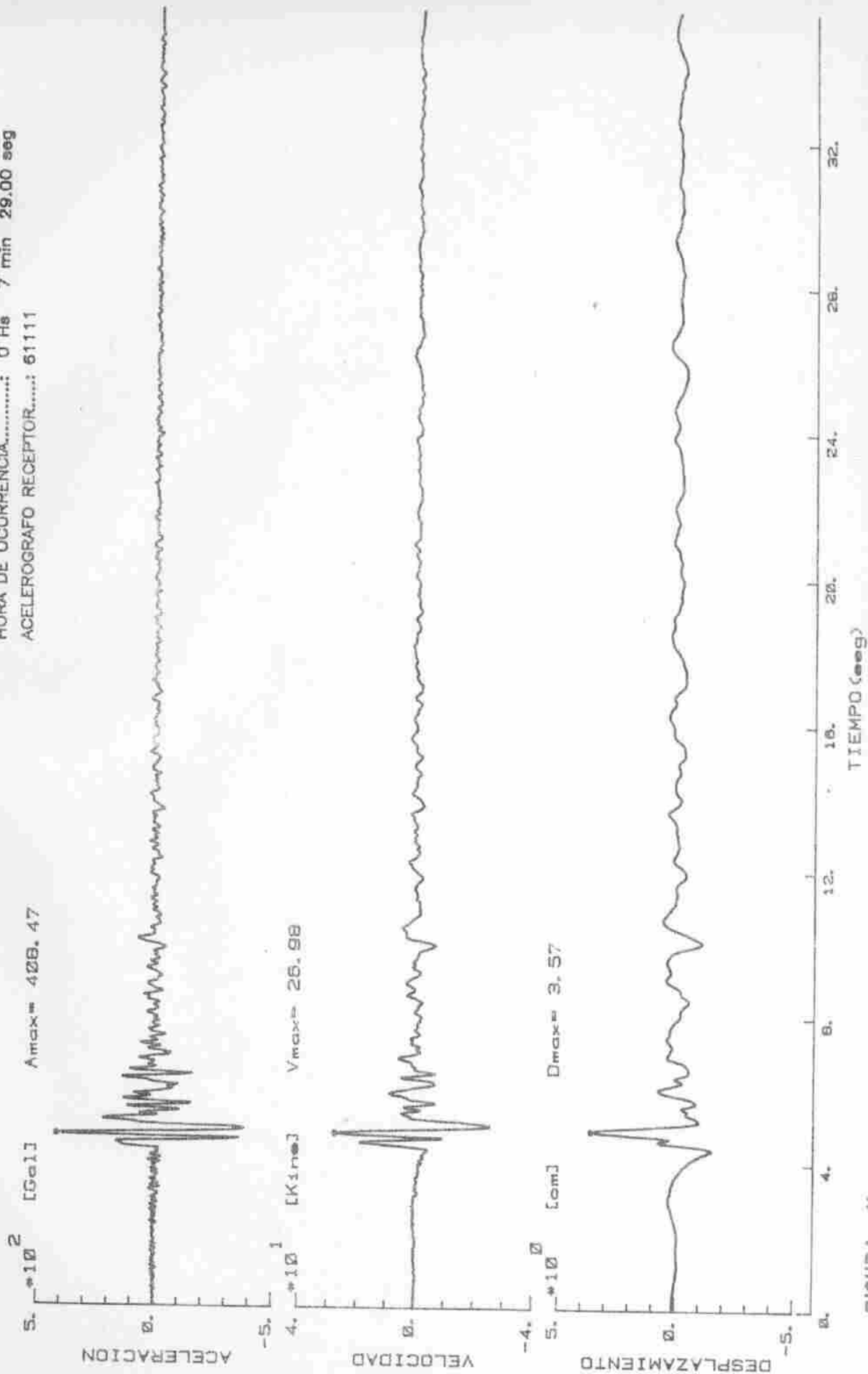
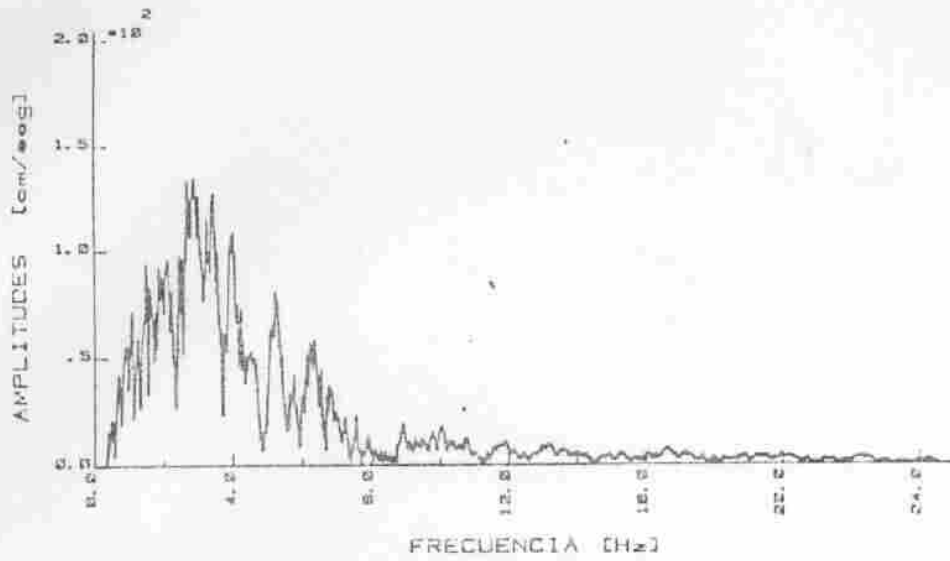


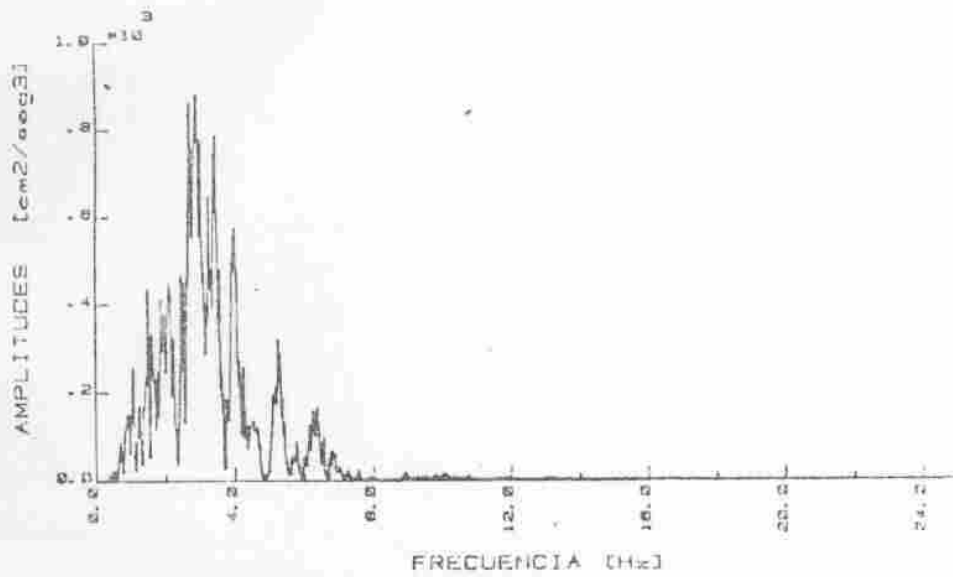
FIGURA - II -

ESPECTRO DE FOURIER
Componente TRANSVERSAL

SISMO : LHERAS N7A28E1E65
FECHA DE OCURRENCIA.....: 28 / 1 / 1985
HORA DE OCURRENCIA.....: 0 Ho : 7 min : 29.00 seg
ACELEROGRAFO RECEPTOR.....: 01111



ESPECTRO DE POTENCIA
Componente TRANSVERSAL

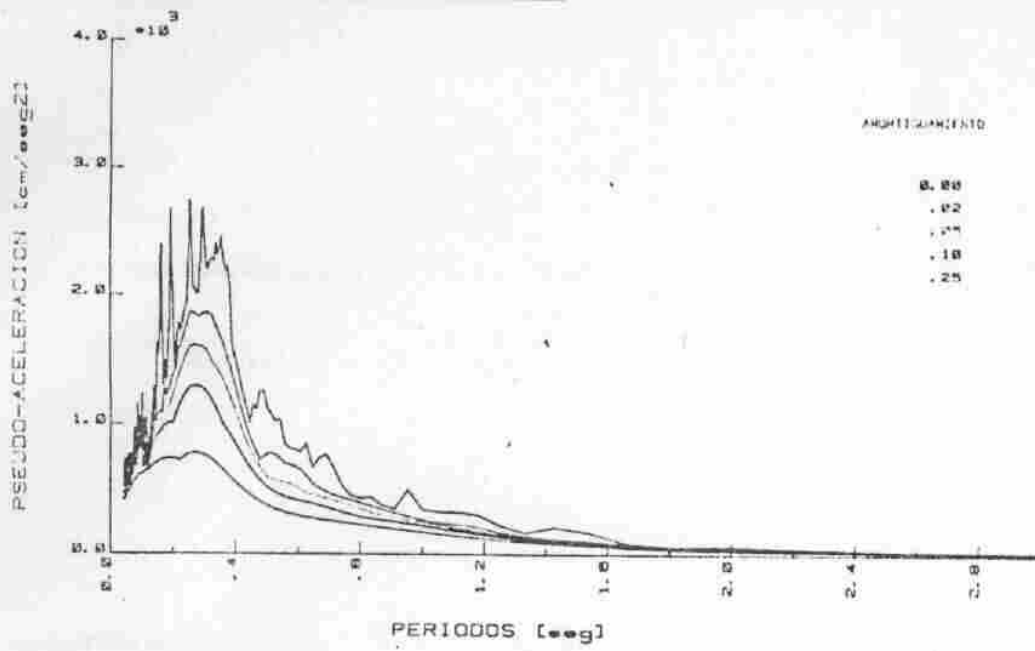


I N P R E S A R G E N T I N A

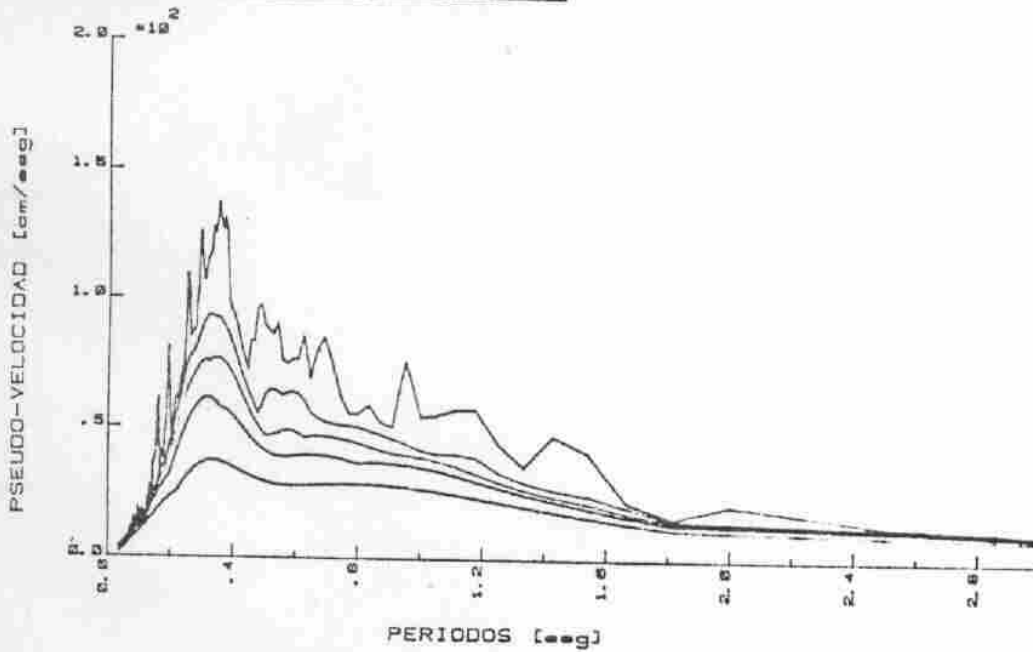
FIGURA _ 12

ESPECTRO DE
PSEUDO-ACELERACION
Componente TRANSVERSAL.

SISMO : LHERAS M742RENEB5
FECHA DE OCURRENCIA.....: 26 / 1 / 1985
HORA DE OCURRENCIA.....: 0 h : 7 min : 29.00 seg
ACELEROGRAFO RECEPTOR.....: 61111



ESPECTRO DE
PSEUDO-VELOCIDAD,
Componente TRANSVERSAL

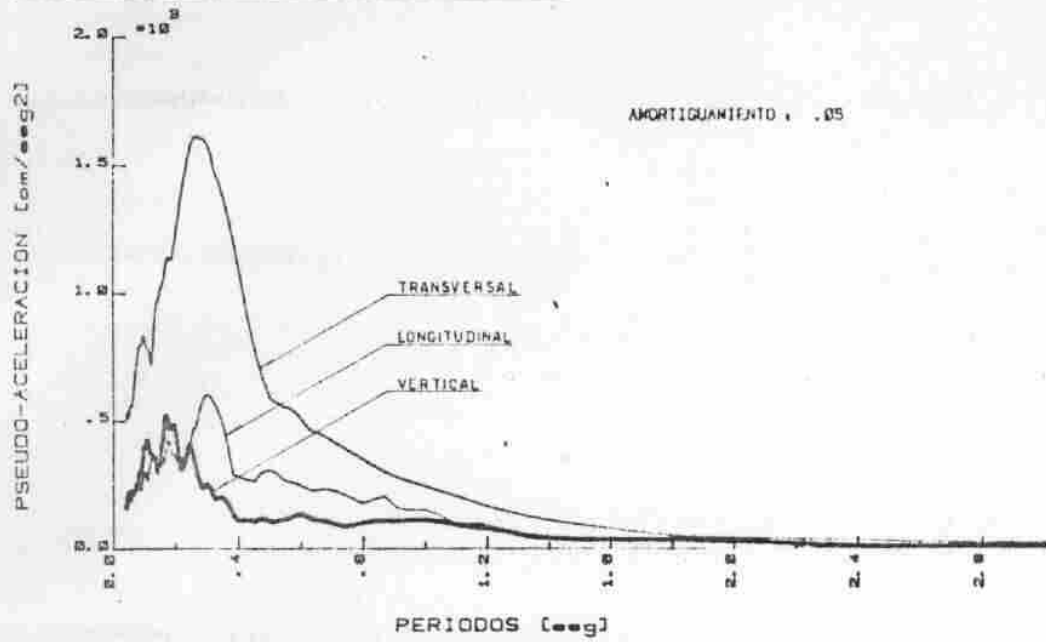


IMPRES ARGENTINA

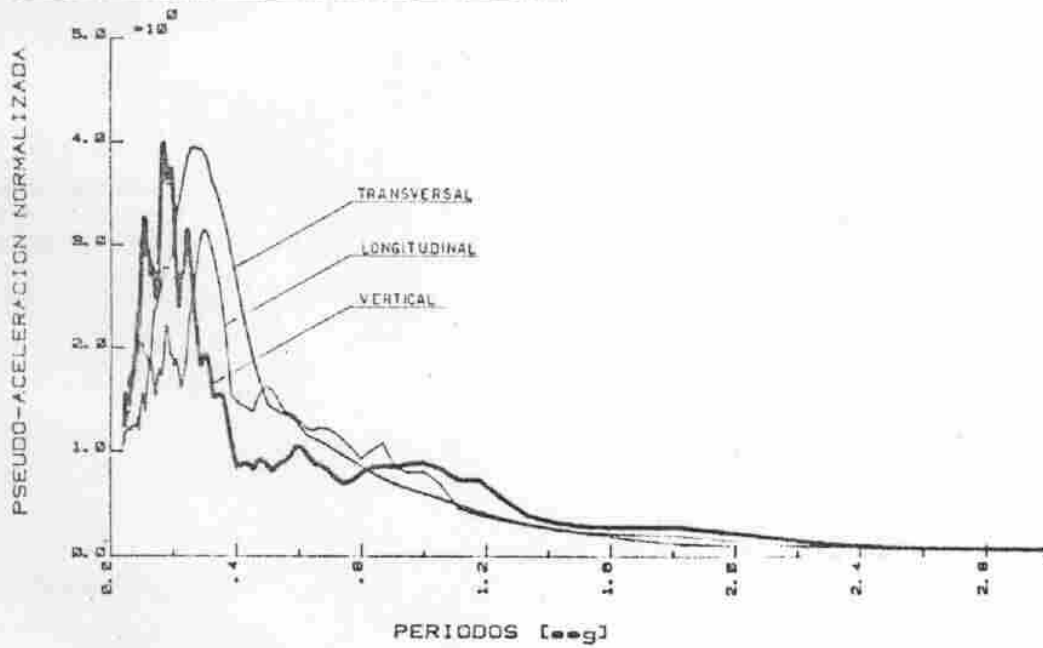
FIGURA - 13

ESPECTRO DE
PSEUDO-ACELERACION
Componentes LONG. VERT. y TRANSV.

SISMO : LHERAS MZA26ENE85
FECHA DE OCURRENCIA.....: 26 / 1 / 1985
HORA DE OCURRENCIA.....: 0 Hrs : 7 min : 29.00 seg
ACELEROGRAFO RECEPTOR.....: 61111



ESPECTRO DE
PSEUDO-ACELERACION NORMALIZADA
Componentes LONG. VERT. y TRANSV.



I N P R E S ARGENTINA

FIGURA _14

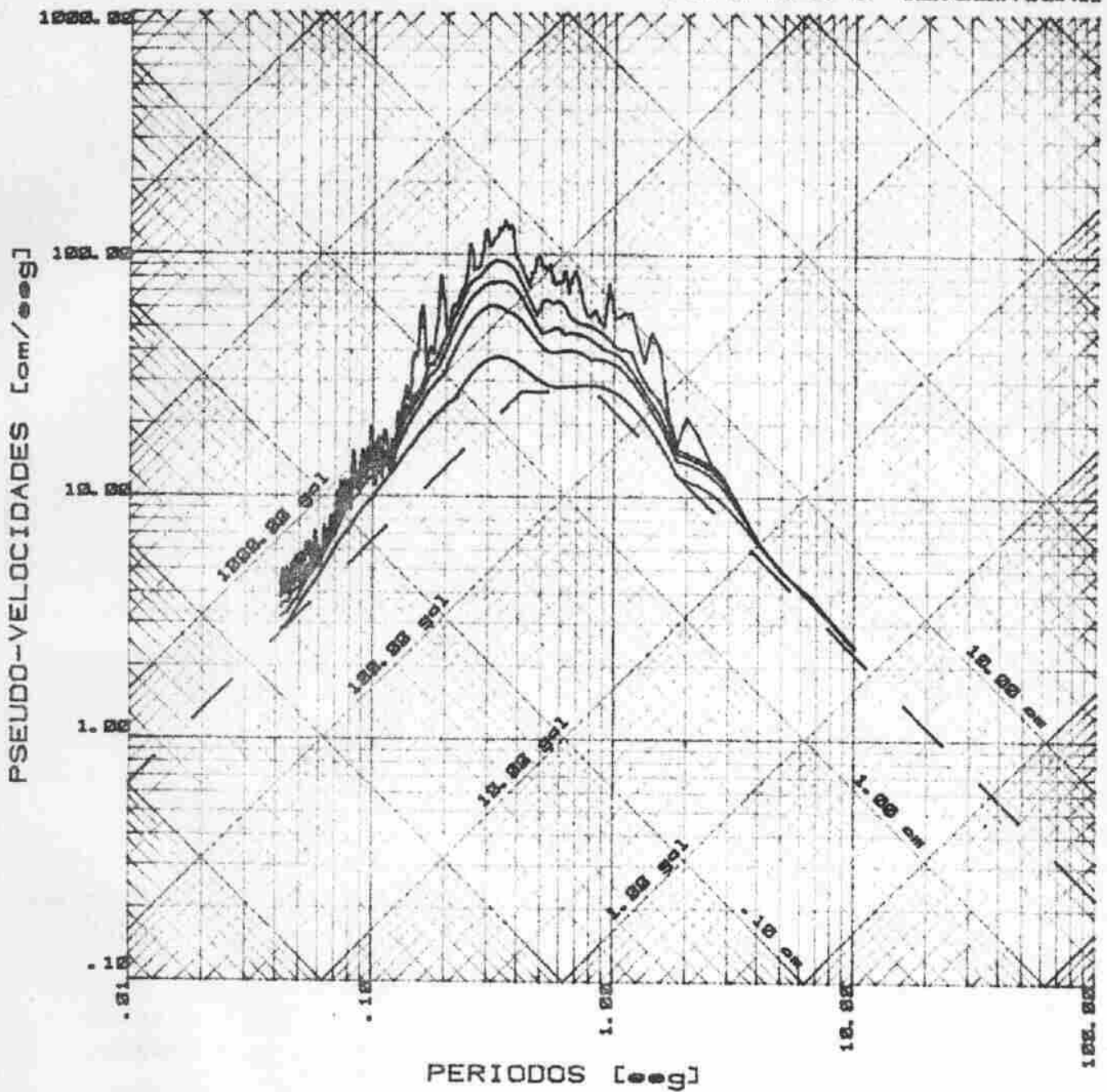


FIGURA _ 15

ESPECTROS DE RESPUESTA	
SISMO : LHERAS MZA26ENE85 FECHA DE OCURRENCIA.....: 26 / 1 / 85 HORA DE OCURRENCIA.....: 0 Hs 7 min 29.00 seg ACELEROGRAFO RECEPTOR.....: 81111 COMPONENTE.....: TRANSVERSAL	AMORTIGUAMIENTO 0.02 .02 .05 .10 .25

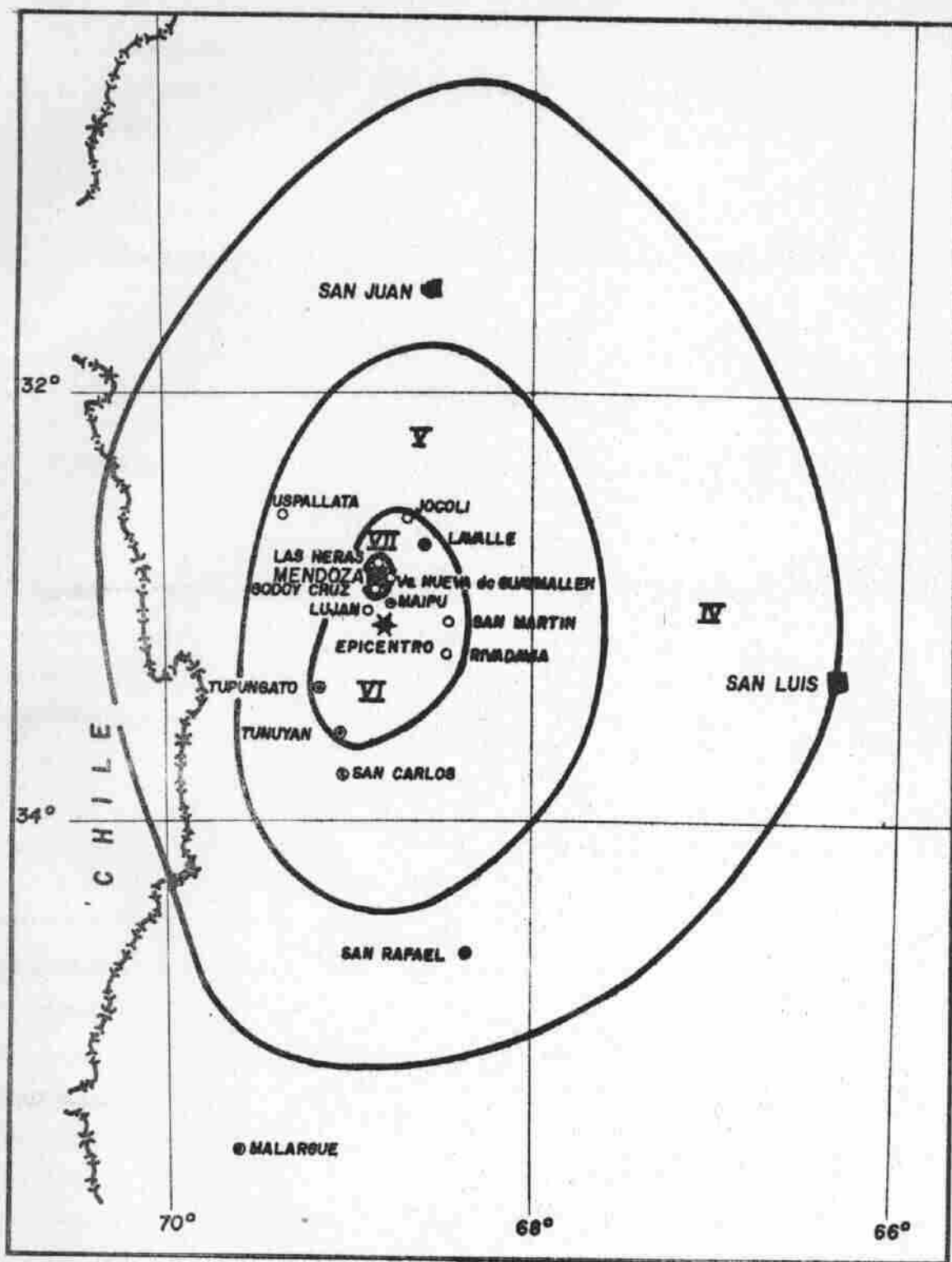


FIGURA - 16
DISTRIBUCION DE INTENSIDADES EN EL GRAN MENDOZA

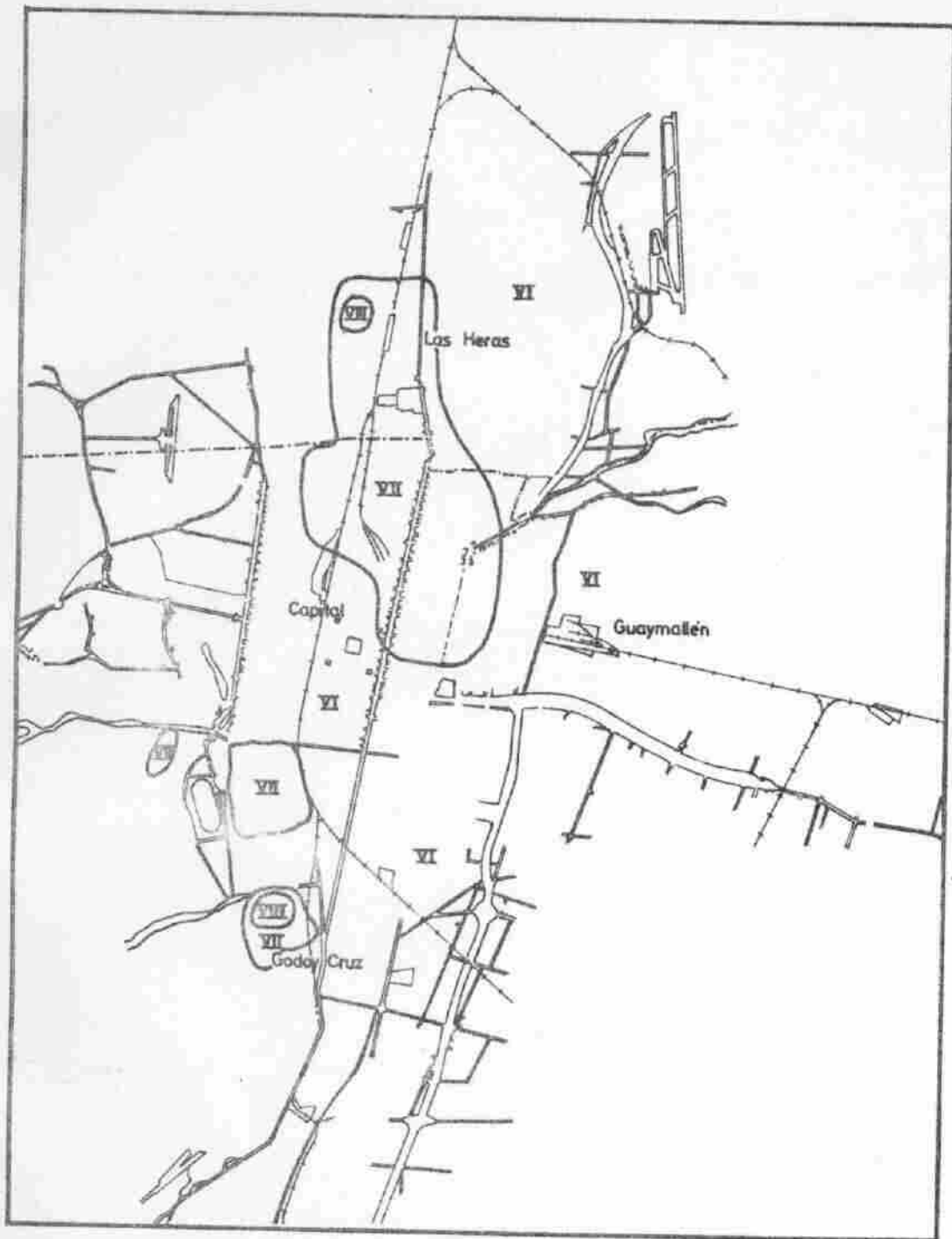
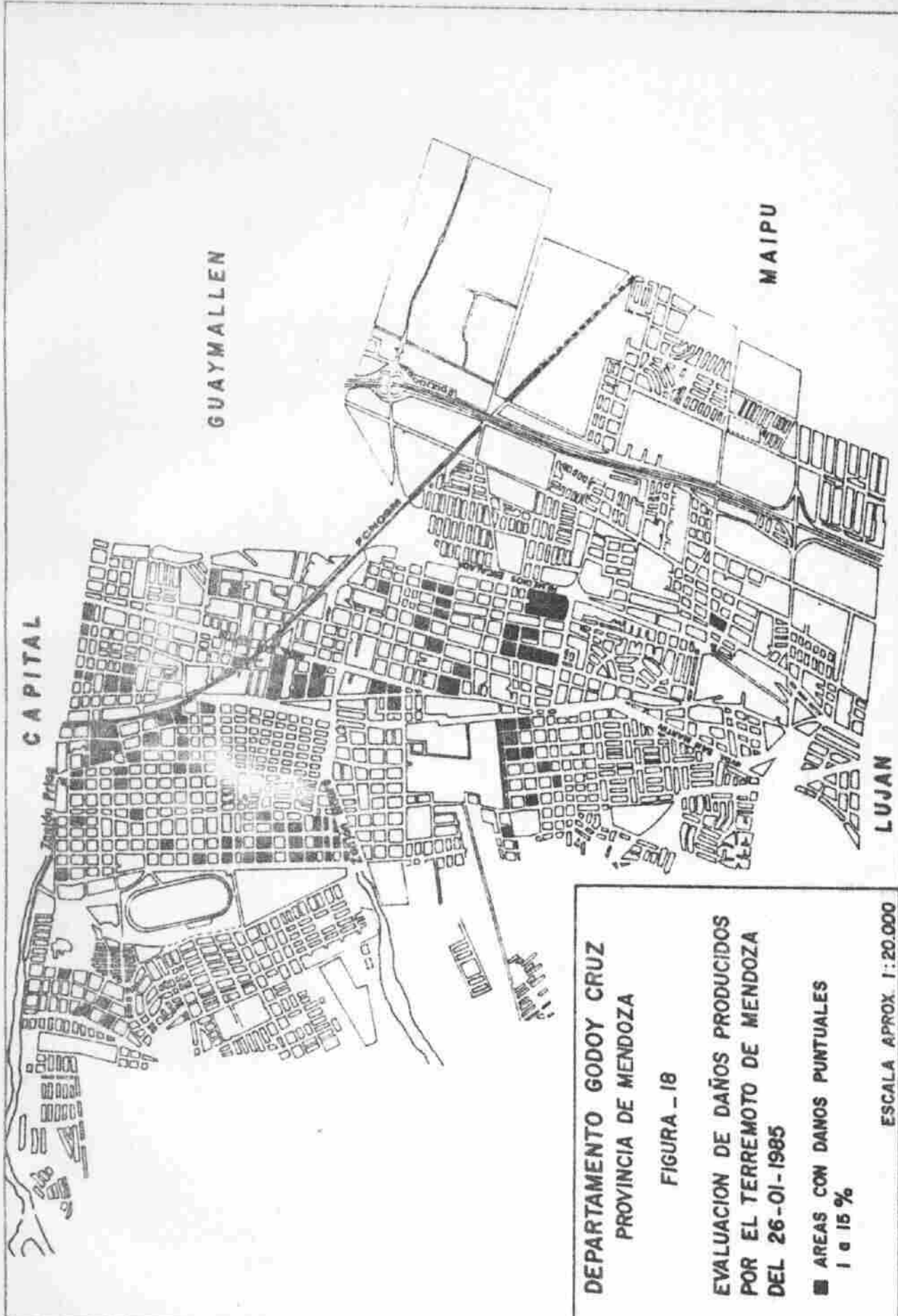


FIGURA _17

DISTRIBUCION DE INTENSIDADES EN EL GRAN MENDOZA



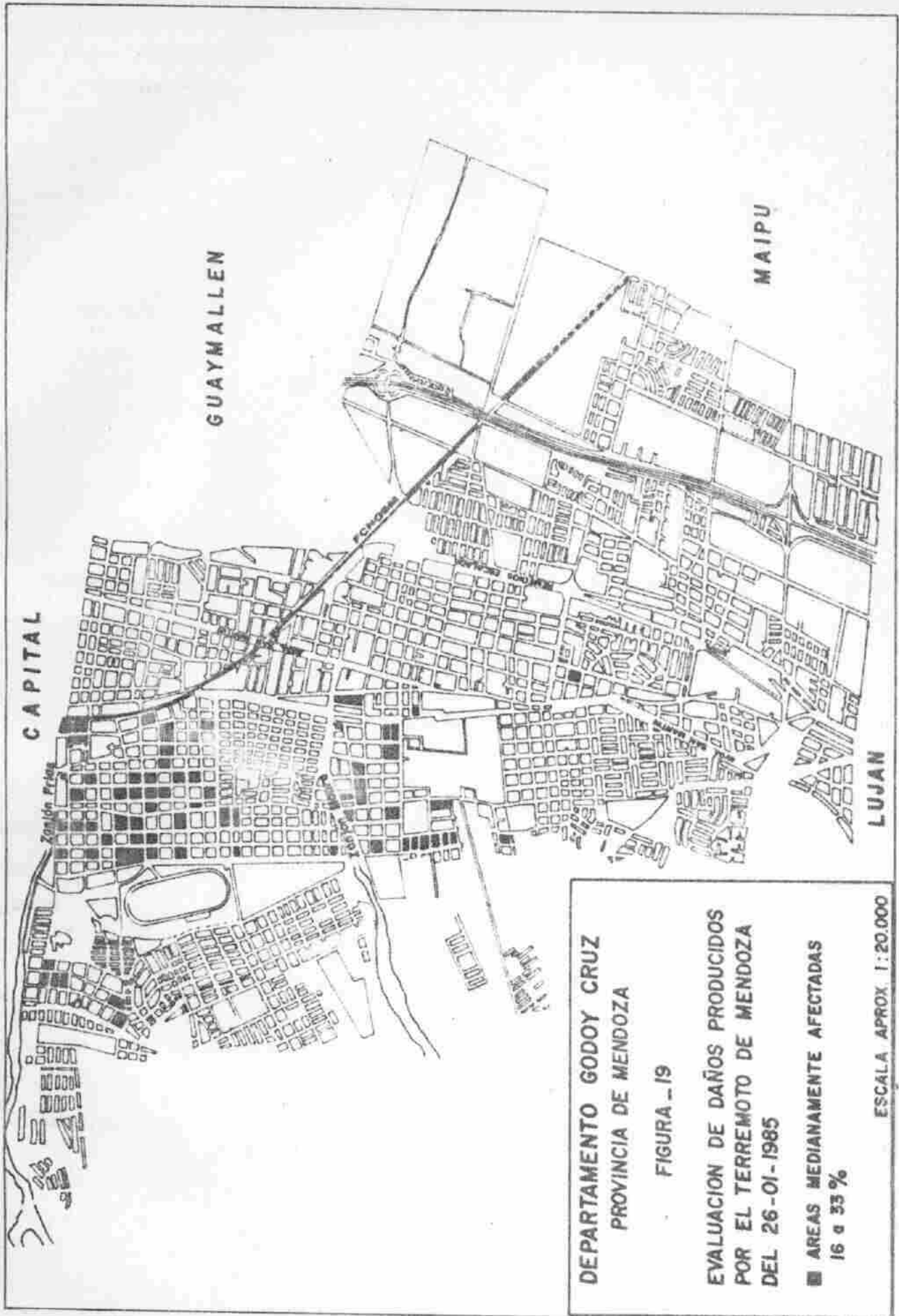
DEPARTAMENTO GODOY CRUZ
 PROVINCIA DE MENDOZA

FIGURA - 18

EVALUACION DE DAÑOS PRODUCIDOS
 POR EL TERREMOTO DE MENDOZA
 DEL 26-01-1985

■ AREAS CON DAÑOS PUNTUALES
 1 a 15 %

ESCALA APROX. 1:20.000



DEPARTAMENTO GODOY CRUZ
 PROVINCIA DE MENDOZA

FIGURA - 19

EVALUACION DE DAÑOS PRODUCIDOS
 POR EL TERREMOTO DE MENDOZA
 DEL 26 -01- 1985

■ AREAS MEDIANAMENTE AFECTADAS
 16 a 33 %

ESCALA APROX. 1:20.000





