

**PROYECTO DE UNA RED DE ESTACIONES SISMOLOGICAS,
DE UNA RED DE ACELEROMETROS Y DE UNA RED DE
SISMOSCOPIOS PARA LA REPUBLICA ARGENTINA**

JUAN CARLOS CASTANO y JOSE L. ZAMARBIDE
Instituto Nacional de Prevención Sísmica,
Secretaría de Estado de Transporte y Obras Públicas,
Ministerio de Economía

Se presenta un proyecto para la instalación de las Redes Nacionales de Estaciones Sismológicas, de Acelerógrafos y de Sismoscopios en la República Argentina en el período 1973-1978.

A plan for the installation of the National Network of Seismological Stations, Accelerographs and Seismoscopes in Argentina between 1973-1978 is presented.

Introducción

Los estudios de sismología e ingeniería antisísmica realizados en nuestro país han producido un avance considerable en ambas especialidades y han permitido crear conciencia, en vastos sectores de la población, acerca de la necesidad de incrementar y perfeccionar las investigaciones en salvaguardia de la vida y los bienes de los habitantes. Es necesario continuar con el estudio de los movimientos sísmicos y con el análisis de los efectos que los mismos producen en las construcciones. Para ello, será de fundamental importancia la información obtenida por los instrumentos apropiados ubicados en los lugares más convenientes. Teniendo en cuenta que cada sismo presenta características propias, no sólo en cuanto al fenómeno en sí sino también en los efectos y sensaciones que dejan las ondas al pasar, es imprescindible obtener la mayor cantidad posible de registros sísmicos para poder luego hacer un análisis comparativo de los mismos y extraer conclusiones aplicables a zonas o regiones con características particulares.

Atendiendo a esta necesidad, el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) se ha fijado entre sus objetivos inmediatos la construcción, instalación y mantenimiento de la Red Nacional de Estaciones Sismológicas, de la Red Nacional de Acelerómetros y de la Red Nacional de Sismoscopios, cuya planificación y distribución se expone en el presente trabajo.

Red Nacional de Estaciones sismológicas

Los antecedentes sísmicos de la República Argentina no dejan lugar a dudas con respecto a la peligrosidad en potencia de extensas zonas de nuestro país. Se conocen algunos detalles de la historia sísmica argentina a partir del 13 de setiembre de 1692, fecha de ocurrencia del terremoto de Talavera del Esteco, que dejó en ruinas a esta pequeña población de la provincia de Salta y causó severos daños en la ciudad capital. Desde entonces hasta el presente se destacan otros tres terremotos destructivos, que ocasionaron gran cantidad de víctimas y extensos y costosos daños materiales: el terremoto de Mendoza del 20 de marzo de 1861, que destruyó a esta ciudad causando la muerte de aproximadamente dos terceras partes de su población; el terremoto de San Juan - La Rioja del 27 de octubre de 1894, que produjo víctimas y extensos daños materiales en las poblaciones de ambas provincias, destruyendo parcialmente las ciudades capitales de las mismas, y el terremoto de San Juan del 15 de enero de 1944, el cual destruyó a esta ciudad y ocasionó más víctimas que cualquier otro evento de esta naturaleza en la República Argentina.

Además de estos sismos de gran destructividad, nuestra historia sísmica nos presenta gran número de terremotos de magnitudes medianas que, por la ubicación de sus hipocentros, han causado muerte y daños materiales de consideración, especialmente en las provincias de Salta, San Juan y Mendoza, como puede observarse en el mapa de la Figura 1. Del análisis del mismo se desprende que la actividad sísmica destructiva se ha concentrado en nuestro país en dos zonas perfectamente individualizadas: la zona norte y la zona central. El mapa de la Figura 2, en el cual se han volcado los epicentros de los sismos ocurridos en la Argentina en los últimos cinco años con magnitudes mayores de cuatro, de

acuerdo con los datos suministrados por los boletines internacionales, muestra que la actividad sísmica principal coincide para este período con la de los terremotos destructivos, extendiéndose además a otras zonas cuyos antecedentes sísmicos son de menor cuantía que los de la Figura 1.

Lamentablemente, la mejor forma de perfeccionar el conocimiento del fenómeno sísmico es mediante el estudio del propio sismo cuando éste ocurre, y por desgracia también en las zonas sísmicas seguirán produciéndose terremotos, ya que como dice un viejo refrán: "donde tembló una vez, volverá a temblar". Es por ello necesario que, al mismo tiempo que se continúe perfeccionando las construcciones para hacerlas lo más seguras posible ante la eventualidad de un terremoto, se planee también, en forma metódica, y se ponga en funcionamiento, una Red de Estaciones Sismológicas que serán las que registrarán el sismo cuando éste se produzca, registro que luego permitirá estudiar el fenómeno físico lo más detalladamente posible y sacar nuevas y provechosas conclusiones que podrán colaborar en el perfeccionamiento de los códigos de edificación.

Aparte de esto, el estudio de los registros de los terremotos de pequeña, mediana y gran magnitud permitirá conocer las características del interior de la Tierra a partir de las leyes de propagación de las ondas sísmicas por las distintas profundidades del globo. También es necesario recordar que, del estudio de los terremotos de gran destructividad, se obtienen las conclusiones más provechosas para la aplicación práctica, y que dichos sismos ocurren esporádicamente. Es por eso que el perder el registro de un sismo importante puede significar tener que esperar 5, 10 ó 50 años para obtener un sismograma de similares características. Esto pone en evidencia la urgencia de instalar equipos que registren los eventos sísmicos.

Los estudios realizados en nuestro país sobre su actividad sísmica, a partir de datos históricos e instrumentales, han permitido obtener curvas de promedio anual de intensidad sísmica, de intensidad máxima y de riesgo sísmico. Merced a estos resultados y a los antecedentes mostrados en las Figuras 1 y 2, los cuales en conjunto delimitan con suficiente claridad la región sísmicamente activa de la República Argentina, se ha planificado, en el área de Sismología, la Red Nacional de Estaciones Sismológicas, la cual podría estar lista para el año 1978 y cubriría las necesidades existentes en la actualidad. Esta planificación se ha hecho de tal manera que las Estaciones Sismológicas irán cubriendo metódicamente el territorio nacional, con un orden de prioridad que surge de la necesidad de no descuidar las regiones en potencia más propensas para terremotos de mediana y/o gran intensidad. Este orden de prioridad, que se muestra en forma esquemática en la Tabla 1, dependerá, lógicamente, del apoyo que prestén los respectivos gobiernos provinciales para la obtención de los terrenos correspondientes.

En consecuencia, la Red Nacional de Estaciones Sismológicas, que estará terminada para fines del año 1978, estará integrada por 23 Estaciones de primera categoría distribuidas en la forma que se muestra en la Figura 3.

Estudios por realizar

La Red Nacional de Estaciones Sismológicas permitirá obtener un suficiente número de registros de eventos sísmicos en lugares seleccionados de modo

8 PROYECTO RED ESTACIONES . . .

estratégico, a partir de los cuales se podrán realizar investigaciones en un lapso relativamente corto tales como:

a) Determinación de epicentros a partir de estaciones locales y estudios de las capas superiores.

Hasta el presente, las determinaciones de epicentros han sido realizadas por estaciones de la Red Sismológica Mundial, ya que no se cuenta en nuestro país con un programa metódico de determinación de epicentros a partir de estaciones locales.

Las estaciones han sido distribuidas de modo tal que cualquier evento ubicado en la región sísmica argentina quedará circundado por tres estaciones como mínimo, y el epicentro podrá ser determinado con precisión, pudiéndose de esta manera estudiar con detalle la propagación de ondas de cuerpo e inferir, a partir de ellas, las características de la corteza, y especialmente de las capas más superiores de la misma.

b) Estudios de escalas locales de magnitud.

Como bien se sabe, la escala de magnitud de los terremotos fue desarrollada por Richter para el estado de California y luego aplicada con el mismo criterio en todas partes del mundo. En muchos países se han desarrollado escalas locales de magnitud, ya que no todas las regiones del mundo tienen las mismas características de radiación de ondas sísmicas. El INPRES desarrollará una escala de magnitud para terremotos locales a partir de los datos acumulados en las estaciones sismológicas y del agregado, en muchas de ellas, de los sismógrafos de torsión Wood-Anderson de mediana amplificación.

c) Continuación de los estudios de sismicidad y riesgo sísmico.

Los estudios de sismicidad y riesgo sísmico realizados en nuestro país han permitido obtener los mapas correspondientes, teniendo en cuenta los datos proporcionados por boletines internacionales en los últimos cincuenta años. Para continuar con dichos estudios es necesario obtener la mayor cantidad posible de registros, a partir de los cuales se podrá estudiar con mayor detalle la evolución de la actividad y el riesgo sísmicos para regiones pequeñas. Pasaremos así a la micro-regionalización sísmica, tan importante en los sitios donde se construirán obras de gran envergadura. A tal efecto, ya está en los planes actuales del INPRES la construcción de una Red de Estaciones Telemétricas para la provincia de San Juan.

d) Estudios de la estructura de la corteza a partir de la dispersión de ondas superficiales.

La disposición de las estaciones con instrumental de registro de ondas de largo período es tal, que se podrá estudiar la dispersión de las ondas entre las mismas, y esto permitirá obtener los modelos de corteza con los parámetros reales del suelo donde dichas ondas se han dispersado.

e) Estudio del mecanismo de foco de los terremotos locales.

Red Nacional de Acelerómetros

Si se desea realizar un análisis realista del comportamiento de las estructuras sometidas a movimientos sísmicos, es necesario conocer o determinar las

características dinámicas del suelo durante tales movimientos. Para lograrlo, es fundamental contar con instrumentos de registro adecuados que, en el caso de la Ingeniería Antisísmica, son los acelerómetros (o acelerógrafos) y los sismoscopios. Los primeros permiten obtener los acelerogramas, que son registros de la variación de la aceleración del suelo en función del tiempo, generalmente según tres direcciones normales (dos horizontales y una vertical). A partir de dichos acelerogramas se calculan los "espectros de respuesta", que son gráficos que representan la respuesta máxima a un movimiento sísmico, de un oscilador de un grado de libertad amortiguado, en función del período y la cantidad de amortiguación del vibrador. Estas curvas proporcionan valiosa información, como son las frecuencias dominantes del terreno, y dan la respuesta máxima de estructuras simples. La técnica de los espectros de respuesta puede aplicarse, a partir de la adecuada superposición de los modos de vibración, al proyecto de estructuras más complejas como grandes edificios, diques, puentes, usinas nucleares, etc.

En la actualidad, ningún país tecnológicamente desarrollado o en vías de lograrlo, y ubicado en zona sísmica, puede darse el lujo de perder la valiosa información que significa el registro de los poco frecuentes medianos y fuertes sismos. Cada evento de esas características que no se registra es una magnífica oportunidad que se desaprovecha de obtener datos inestimables, y que quizá no se vuelva a repetir hasta muchos años más tarde. Es por ello que el INPRES, consciente de su responsabilidad y funciones, ha fijado entre sus principales objetivos la instalación y el posterior mantenimiento de la Red Nacional de Acelerómetros, instalación que se completará en un plan a mediano plazo que abarca desde 1973 hasta 1977. El número de aparatos por instalar en un programa de esta duración está limitado principalmente por el alto costo de cada instrumento.

Al planear una red de acelerómetros deben tenerse en cuenta varios factores, entre ellos:

- a) Sismicidad y probabilidad de riesgo sísmico de la zona.
- b) Importancia de los núcleos poblados y densidad de población.
- c) Análisis de la existencia o no de otro tipo de instrumento para Ingeniería Antisísmica en la zona.
- d) Individualización de las características físico-mecánicas del subsuelo, profundidad de roca, posición de la napa freática, etc.
- e) Para poder registrar con algún instrumento de la red a todo terremoto grande (magnitud mayor o igual que siete), es necesario que la distancia entre dos aparatos no supere, en lo posible, los 200 km.
- f) La determinación del número de aparatos por instalar en una localidad será función de la importancia de la misma, del número de grandes edificios y de la cantidad de habitantes.

En la Figura 4 se puede apreciar la Red Nacional de Acelerómetros proyectada, con indicación de los instrumentos instalados y por instalar. Completada dicha red, se procederá, en una etapa inmediata posterior, a densificar el número de aparatos en las ciudades importantes ubicadas en zonas de gran actividad sísmica (Mendoza, San Juan, Salta, La Rioja, Catamarca, Jujuy).

Red Nacional de Sismoscopios

El sismoscopio es un instrumento de bajo costo y facilidad de operación y mantenimiento, lo que posibilita que se pueda instalar gran número de ellos de modo de cubrir toda la zona sísmica del país. Como comparación podemos afirmar que prácticamente se pueden comprar 30 sismoscopios por el valor de un buen acelerómetro.

A este instrumento se lo puede considerar como un modelo dinámico de una estructura típica, y a partir de su comportamiento durante un sismo se pueden realizar cálculos que van a indicar la respuesta de ciertas estructuras reales sometidas al mismo sismo. Hay que tener en cuenta que el sismoscopio no mide ni aceleraciones ni desplazamientos del terreno, sino que proporciona, como dijimos, la respuesta estructural a un movimiento que es, en definitiva, la información primordial para el ingeniero proyectista y calculista de estructura. En otras palabras, da un punto de la curva correspondiente a su cantidad de amortiguación del espectro de respuesta (de velocidades máximas de deformación o de coeficientes sísmicos).

En la actualidad el INPRES posee 31 sismoscopios instalados en siete provincias (Fig. 5), algunos de ellos instalados por el ex CONCAR, de los cuales 22 aparatos son importados y los nueve restantes de fabricación nacional. Recientemente se han adquirido 40 sismoscopios de industria argentina (fabricados en la provincia de San Juan) y pronto se comenzará a instalarlos de acuerdo con el plan trazado. Se ha previsto que para mediados del año 1975 se habrá completado la Red Nacional de Sismoscopios que contempla la instalación de 116 aparatos, sin perjuicio de que a posteriori se continúe densificándola de acuerdo con los estudios que se habrán de realizar.

De esta manera, con los acelerómetros y sismoscopios instalados, el INPRES tendrá la posibilidad de obtener buenos registros de movimientos sísmicos de importancia para la ingeniería antisísmica, y mediante su procesamiento y análisis se podrá determinar los espectros de proyecto, fundamentales para el diseño antisísmico de obras de cierta importancia, espectros que ratificarán o rectificarán los adoptados en los actuales códigos.

Figura 1

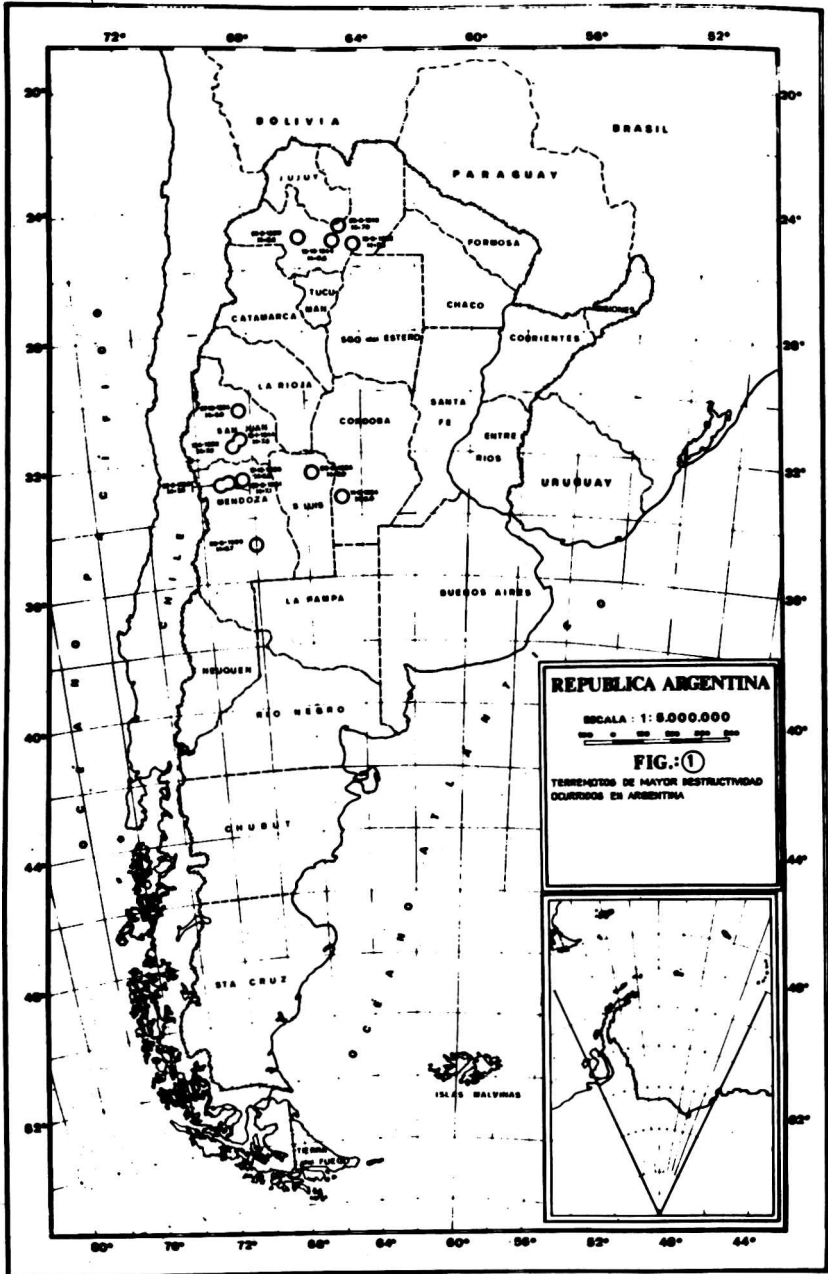


Figura 2

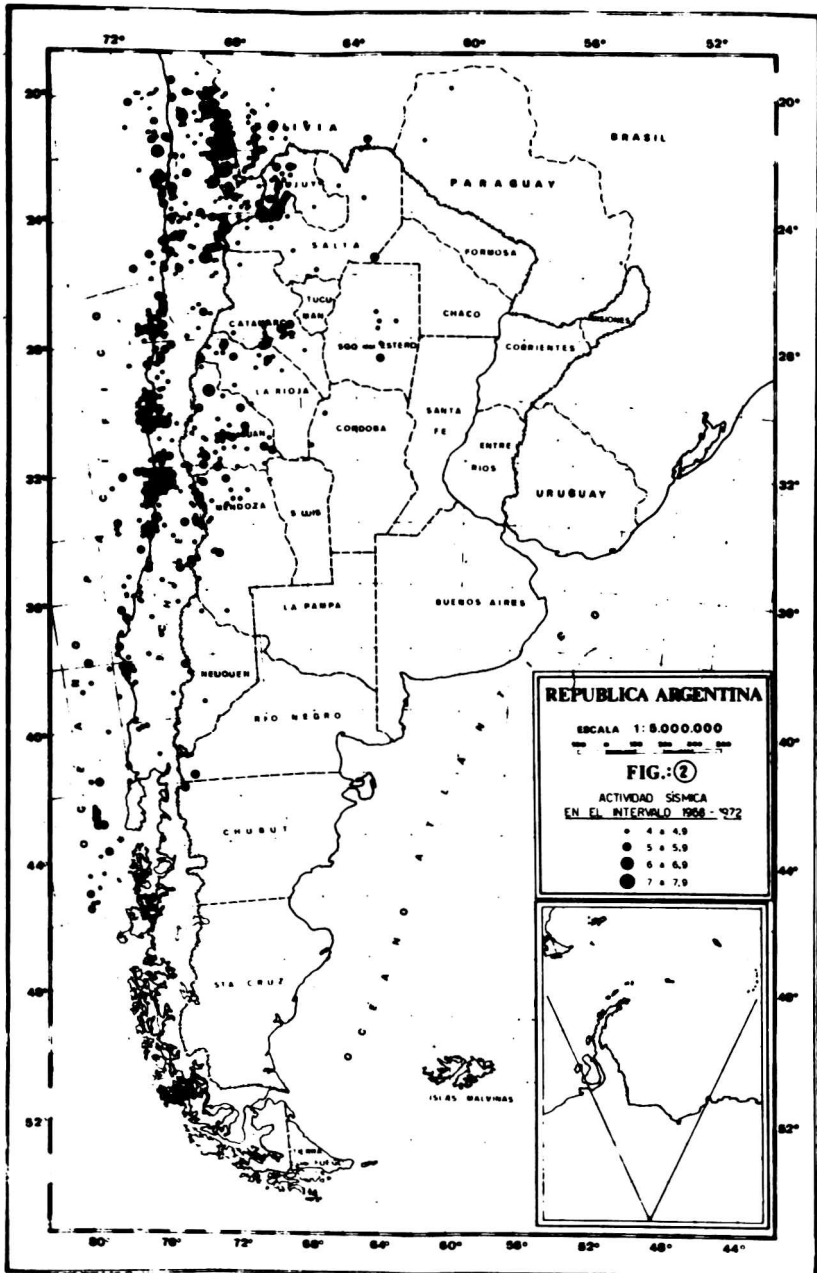


Tabla 1**ORDEN DE PRIORIDAD DE LA RED NACIONAL
DE ESTACIONES SISMOLOGICAS**

- 1 – Coronel Fontana (San Juan)
- 2 – Choya (Catamarca)
- 3 – Vinchina (La Rioja)
- 4 – San Antonio de los Cobres (Salta)
- 5 – Tanti (Córdoba)
- 6 – San Rafael (Mendoza)
- 7 – Tartagal (Salta)
- 8 – Bariloche (Río Negro)
- 9 – Pigüé (Buenos Aires)
- 10 – La Toma (San Luis)
- 11 – El Tunal (Salta)
- 12 – Comodoro Rivadavia (Chubut)
- 13 – La Quiaca (Jujuy)
- 14 – Quimili (Santiago del Estero)
- 15 – Chos-Malal (Neuquén)
- 16 – Santa María (Catamarca)
- 17 – Rodeo (San Juan)
- 18 – Ingeniero Juárez (Formosa)
- 19 – Valcheta (Río Negro)
- 20 – Ushuaia (Tierra del Fuego)
- 21 – Patquía (La Rioja)
- 22 – El Turbio (Santa Cruz)
- 23 – Islas Malvinas

Figura 3

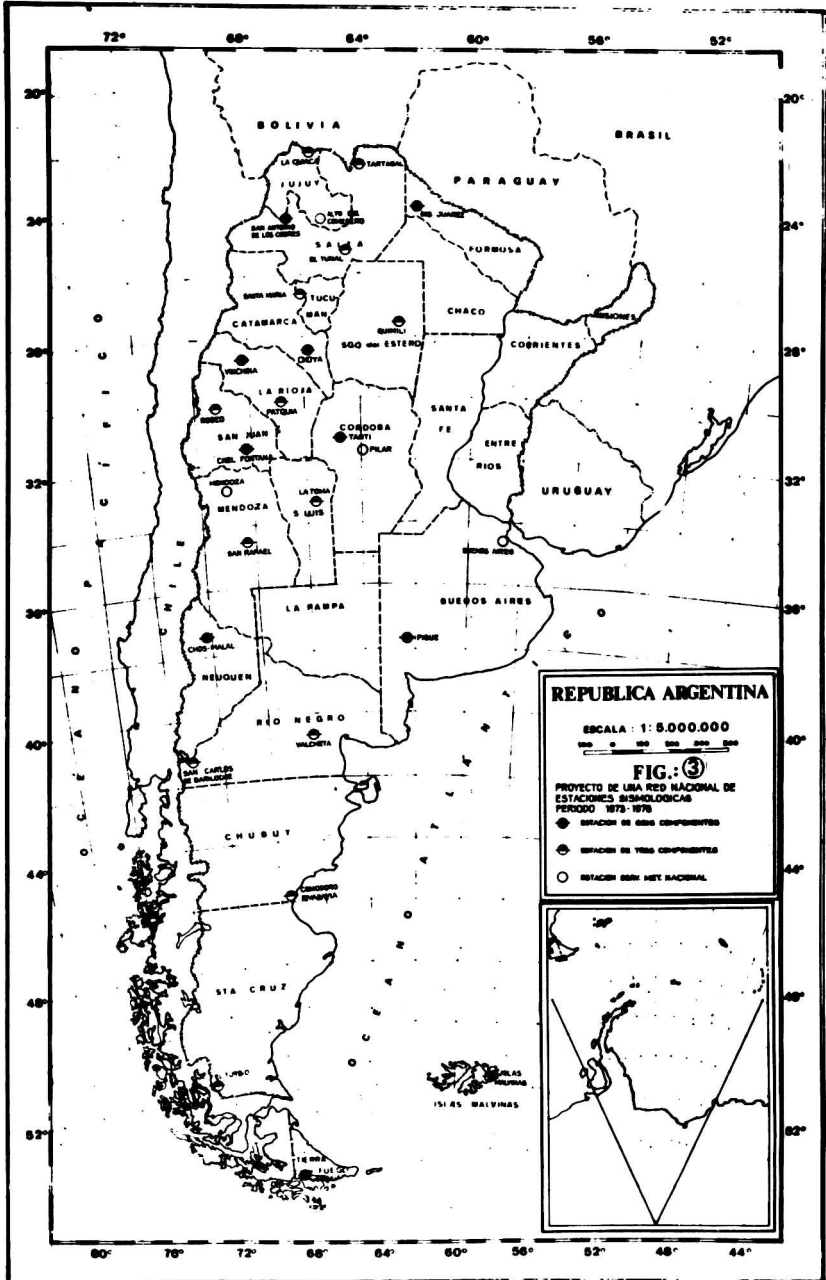


Figura 4

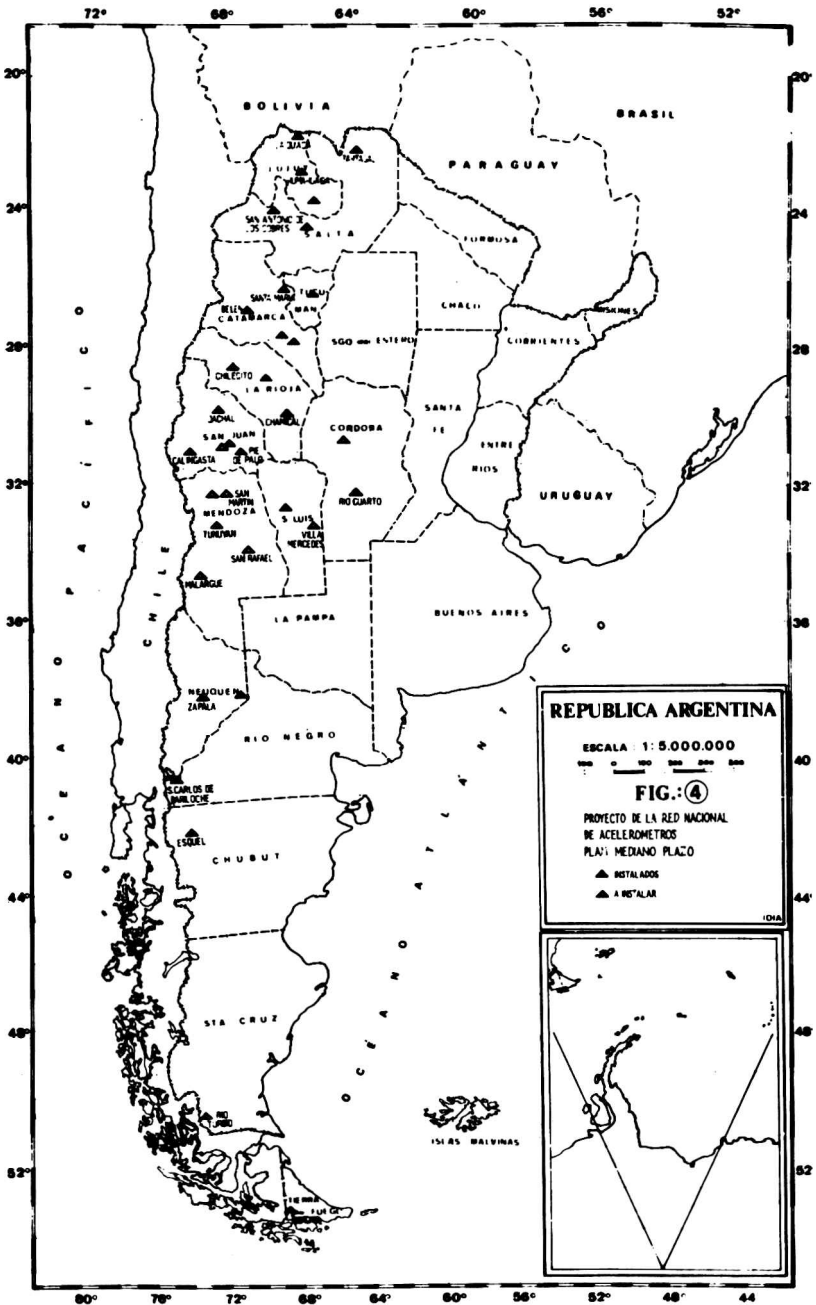
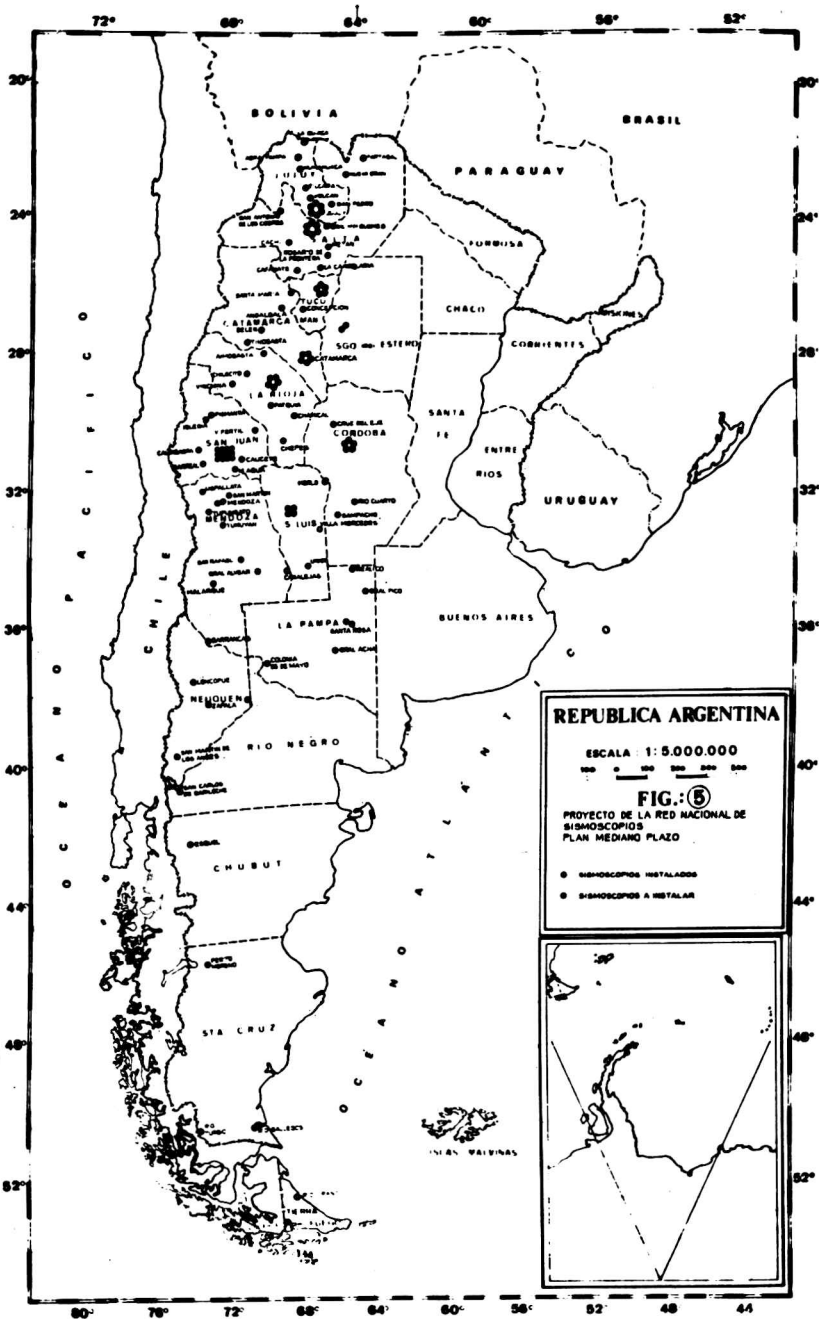


Figura 5



BIBLIOGRAFIA

- Carmona, J. y Castano, J., 1971: Cincuenta años de actividad sísmica en Argentina. I Congreso Latinoamericano de Computación aplicada a la Ciencia e Ingeniería.*
- Carmona J. y Castano, J., 1973: Riesgo Sísmico en la República Argentina. V Conferencia Mundial de Ingeniería Antisísmica. Roma, Italia.*
- Castano, J., Medone, C. y Carmona, J., 1970: Superficie de focos de sismos, su distribución, su liberación de energía y un análisis estadístico del proceso al Sur de los 12° de latitud sur. Proyecto Internacional del Manto Superior, Informe Científico. v. 2, n. 37.*
- Cloud, W. K. y Hudson, D. E., 1961: A simplified instrument for recording strong motion earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America. v. 51, n. 2.*
- Herrera, C.J. y Zamarbide, J. L., 1971: Espectros de coeficientes sísmicos para proyecto en las ciudades de San Juan, Mendoza y Catamarca. Sexta Reunión Argentina de Geofísicos y Geodestas. Mendoza.*