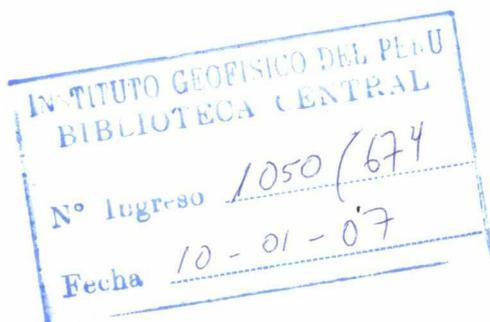


**EL SISMO DE LIMA - PERU DEL 18 DE ABRIL DE 1993
ASPECTOS SISMOLOGICOS**

Por:

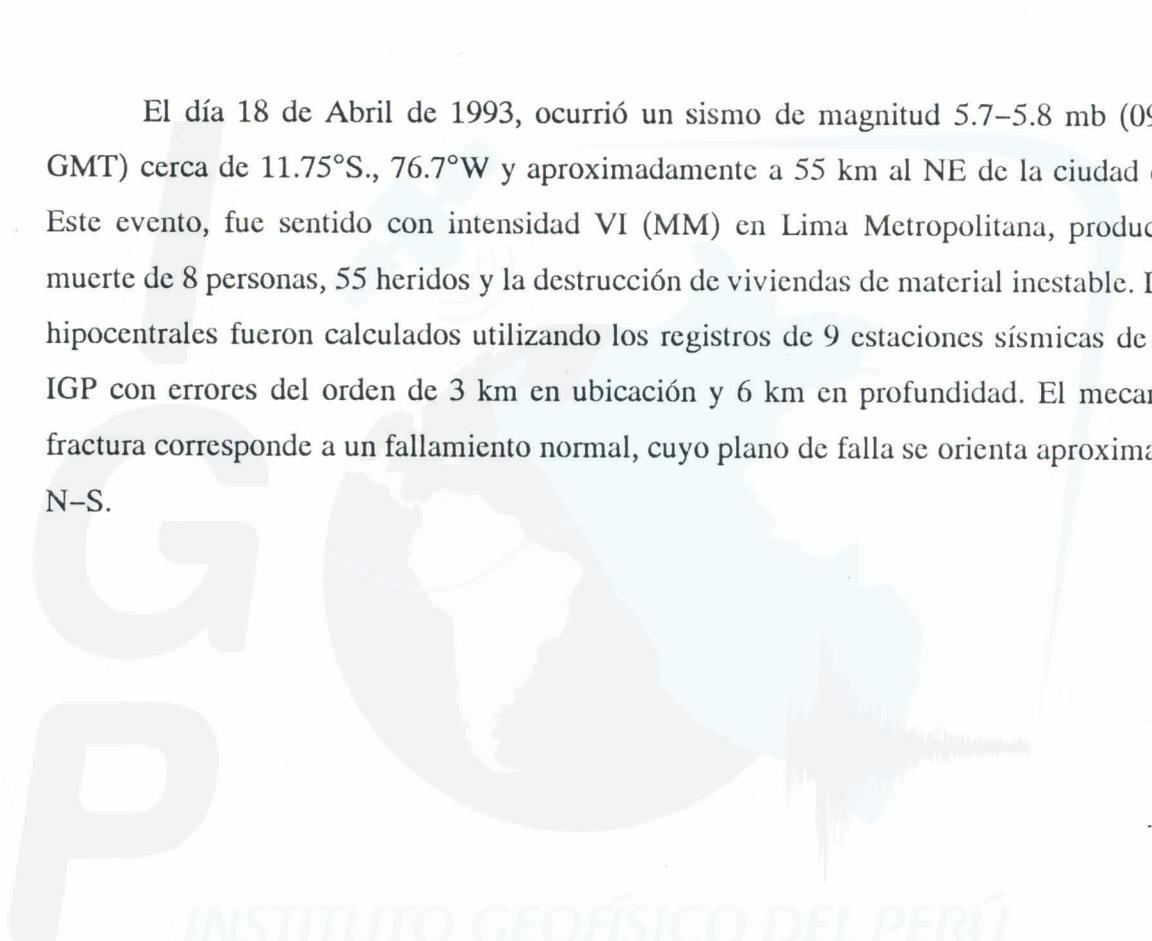
Hernando TAVERA H. *



* Director Observatorio Sismológico de Camacho - IGP
Jefe de la División de Sismología y Gravimetría

RESUMEN

El día 18 de Abril de 1993, ocurrió un sismo de magnitud 5.7-5.8 mb (09H 16M, GMT) cerca de 11.75°S., 76.7°W y aproximadamente a 55 km al NE de la ciudad de Lima. Este evento, fue sentido con intensidad VI (MM) en Lima Metropolitana, produciendo la muerte de 8 personas, 55 heridos y la destrucción de viviendas de material inestable. Los datos hipocentrales fueron calculados utilizando los registros de 9 estaciones sísmicas de la RST-IGP con errores del orden de 3 km en ubicación y 6 km en profundidad. El mecanismo de fractura corresponde a un fallamiento normal, cuyo plano de falla se orienta aproximadamente N-S.



1. GENERALIDADES

El 18 de Abril de 1993, a las 04 horas 16 minutos, hora local; ocurrió un fuerte sismo que sacudió la ciudad de Lima y alrededores, en un radio de aproximadamente 140 km. El sismo originó daños considerables en las viviendas construidas con materiales inestables, en los alrededores de la ciudad, y en las zonas altas de Lima; ocasionando la muerte de 8 personas y aproximadamente 55 heridos.

El epicentro de este evento se localizó a 55 km al NE de la ciudad de Lima (localidades de Arahua y Lachaqui - Canta) y fue de carácter profundo, similar en su modo de ocurrencia a sismos pasados, que sacudieron esta misma área. Después de producirse el sismo, no se registró ninguna réplica. Una característica de estos sismos profundos, es que la energía liberada por las réplicas se disipa rápidamente en el medio antes de llegar a la superficie, por lo que es necesario contar con sismógrafos hipersensibles para su registro.

La magnitud del sismo fue estimada por el IGP, en 5.7-5.8 mb según la duración de su registro en la estación sísmica de Ñaña (NNA) ubicada a 22 km al Este de Lima e integrante de la Red Sísmica Mundial (WWSSN). Los primeros reportes de intensidad, indicaban que la ciudad de Lima había soportado intensidades del orden de VI grados en la escala Mercalli Modificada; V en Canta, Sta. Rosa de Quives; IV en Huaros, Cañete, Chimbote; III en Ica, Huaraz, Cerro de Pasco y II en Chiclayo.

Este sismo, es uno de los últimos de mayor intensidad, que ha sacudido la ciudad de Lima desde el terremoto del 3 de Octubre de 1974. El hipocentro del sismo, esta relacionado con la constante liberación de energía a niveles profundos, producto del contacto entre la placa de Nazca y la Continental, fenómeno por el cual en el Perú, se libera la mayor cantidad anual de energía.



2. EL SISMO DEL 18 DE ABRIL

El sismo del 18 de Abril fue registrado por 9 estaciones de la red sísmica telemétrica del Instituto Geofísico del Perú. En el total de los registros, las fases P y S fueron bien identificadas. Los cálculos preliminares indicaron un radio de acción de aproximadamente 140 km, en función a las primeras evaluaciones de intensidades. Los cálculos finales permitieron ubicar al hipocentro en:

Tiempo Origen: 09H 16M 21.3 S.

Latitud Sur: 11.75 ± 2.3 km

Longitud Oeste: 76.62 ± 2.6 km

Profundidad: 94 ± 6 km

Magnitud: 5.7–5.8 mb

El detalle de los registros sísmicos es presentado en el Anexo 1 y la ubicación del epicentro en la figura 1. En esta figura, se muestra también las isosistas preliminares asociadas al sismo y los tres epicentros reportados por el NEIC (National Earthquake Information Center – USGS) durante las primeras 72 horas de haberse producido este. Courdert (1980), Rodríguez y Vasquez (1987) y Rodríguez y Tavera (1988), han demostrado que solamente utilizando redes sísmicas locales, se puede reducir los errores en el cálculo de los parámetros focales de un evento. Por lo tanto, el cálculo realizado por el IGP, es más óptimo que el reportado por el NEIC que utiliza redes sísmicas mundiales, y de estas estaciones la única cercana al epicentro es la estación de Ñaña, cuyas lecturas fueron reportadas al NEIC por el IGP.

Para realizar el cálculo de los parámetros focales del evento del 18 de Abril, se ha utilizado el programa de cálculo hipocentral FASTHYPO, el valor de V_p/V_s y el modelo de velocidad desarrollado por Rodríguez y Tavera (1991) para el análisis de la sismicidad asociado a la zona de subducción en la Región Central del Perú.

2.1 Profundidad Focal

La profundidad focal determinada por el IGP, es de 94 ± 6 km en función de 9 registros sísmicos obtenidos de la Red Sísmica Telemétrica IGP. En la figura 2 se muestra la configuración de la zona de subducción en la región del Perú Central y se indica con una estrella la ubicación del sismo del 18 de Abril. Este sismo se ubica en la parte inferior de esta configuración, poniendo en evidencia su carácter de evento intraplaca. Desde el año de 1960 a la actualidad, el sismo del 18 de Abril es el tercer evento de importancia que se ha producido a estos niveles de profundidad, poniendo en evidencia una migración de sismicidad asociado a un sistema de "asperezas". Los eventos sísmicos indicados son: el ocurrido el 28 de Setiembre de 1968 ($m_b=6.0$) y el 5 de Enero de 1970 ($m_b=6.6$) a profundidades de 80 y 93 km de profundidad respectivamente, figura 3 (Dewey y Spence, 1979).

2.2. Magnitud

El Instituto Geofísico del Perú, utiliza para el cálculo de la magnitud, las constantes proporcionadas por la estación sísmica de Ñaña (NNA), que por su cercanía al epicentro fue totalmente saturada por el sismo, haciéndose imposible la lectura de su período y amplitud. El reporte de magnitud del IGP de 5.7–5.8 m_b , fue obtenido considerando la duración de su señal en la estación de NNA y en función a su profundidad, utilizando la ecuación generada por Camac (1993);

$$m_b = -2.28 + 2.6 \cdot \log(D) + 0.00045(d) + 0.00199 \cdot (Z) \pm 0.3$$

donde: D = duración de la señal sísmica en segundos.

d = distancia epicentral en km.

Z = profundidad del evento en km.

Este valor de magnitud, resulta menor a la proporcionada por el NEIC de 6.2 mb, en función del promedio obtenido de 78 reportes de magnitud de las estaciones mundiales. Esta diferencia, se debe a las diversas escalas utilizadas para su cuantificación. El NEIC, a partir de ondas de volumen y el IGP con la duración del registro del evento en la estación de NNA.

2.3. Solución del Mecanismo de Fractura

La magnitud de este evento sísmico, ha permitido que fuera registrado en un número considerable de estaciones a distancias telesísmicas, haciendo posible por tanto, la determinación del plano de falla basándonos en las observaciones de la polaridad de la onda P. Se han utilizado 56 observaciones reportadas por el USGS-NEIC y 48 proporcionadas por las redes sísmicas de Perú, Brasil, Colombia, Bolivia, Chile, Argentina, Ecuador, Venezuela y Costa Rica. Los datos obtenidos, fueron procesados considerando un semiespacio de velocidad constante (6.3 km/s.) y los resultados son ploteados en un hemisferio inferior del tipo Schmit. La solución obtenida y las observaciones están presentadas en la figura 4. Los valores calculados para los planos de falla y los principales ejes de esfuerzo son los que se muestran en la Tabla 1.

La solución del mecanismo de fractura, corresponde a una falla normal, similar a los mostrados por Dewey y Spence (1979) para estos niveles de profundidad (figura 3). El plano A con orientación N-S, es seleccionado como el plano de falla, el mismo que esta asociado a un fracturamiento extensivo casi vertical de la placa oceánica; debido, probablemente a la fuerza de gravedad a la que se encuentra sometida la placa, antes de hacerse horizontal en esta región central del Perú.

3. CONCLUSIONES

El sismo del 18 de Abril, es el más importante evento que sacudió Lima desde del terremoto del 3 de Octubre de 1974. Este evento sísmico de caracter profundo, esta relacionado con la migración de la sismicidad asociado a un proceso de asperezas a estos niveles de profundidad.

El mecanismo de fractura asociado a este sismo, corresponde a un fallamiento normal, cuyo plano de falla se orienta N-S con buzamiento al Este. Este mecanismo, es similar a los mostrados por Dewey y Spence (1979) para los sismos del 28 de Setiembre de 1968 y 5 de Enero de 1970.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Presidente y al Director Técnico del IGP, Drs. M. Chang y J. Macharé por su constante apoyo. Asimismo, al Dr. M. Assumpcao (Brasil) y a los Ings. F. Bonilla (Ecuador), J-C. Castano (Argentina), J. Escallon (Colombia), F. Gundhel (Costa Rica), R. Cabré (Bolivia) y T. Monfret (Chile), quienes muy amablemente nos proporcionaron información sísmica referente al sismo del 18 de Abril.

BIBLIOGRAFIA

- CAMAC,D. (1993). Cálculo de la Magnitud Richter en Función a la Duración de la Señal Sísmica – Estación de Ñaña, *Informe Prácticas Pre-profesionales*, Div. Sismología-Gravimetría IGP, 18 pp.
- COUDERT,E. (1980). Etude de la Seismicité du Sud de l'arc par un Réseau Temporaire de Station locales Terrestres et sousmarines, *These Univ. Paris-Sud, ORSAY*, Francia, 160 pp.
- DEWEY,J. and SPENCE,W. (1979). Seismic gaps and Source Zones of Recent large Earthquakes in Coastal Perú, *PAGEPH*, vol.117, N°6, 1148-1171.
- RODRIGUEZ,L. y VASQUEZ,M. (1987). Problemas asociados a la determinación hipocentral. Optimización – Parte I, *IGP*, 60 p.
- RODRIGUEZ,L. y TAVERA,H. (1988). Problemas asociados a la determinación hipocentral. Optimización – Parte II, *IGP*,110pp.
- RODRIGUEZ,L. y TAVERA,H. (1991). Determinación con Alta Resolución de la Geometría de la Zona Wadati-Benioff en el Perú Central, *Rev. Bras. Geof.* vol.9(2), 141-159.

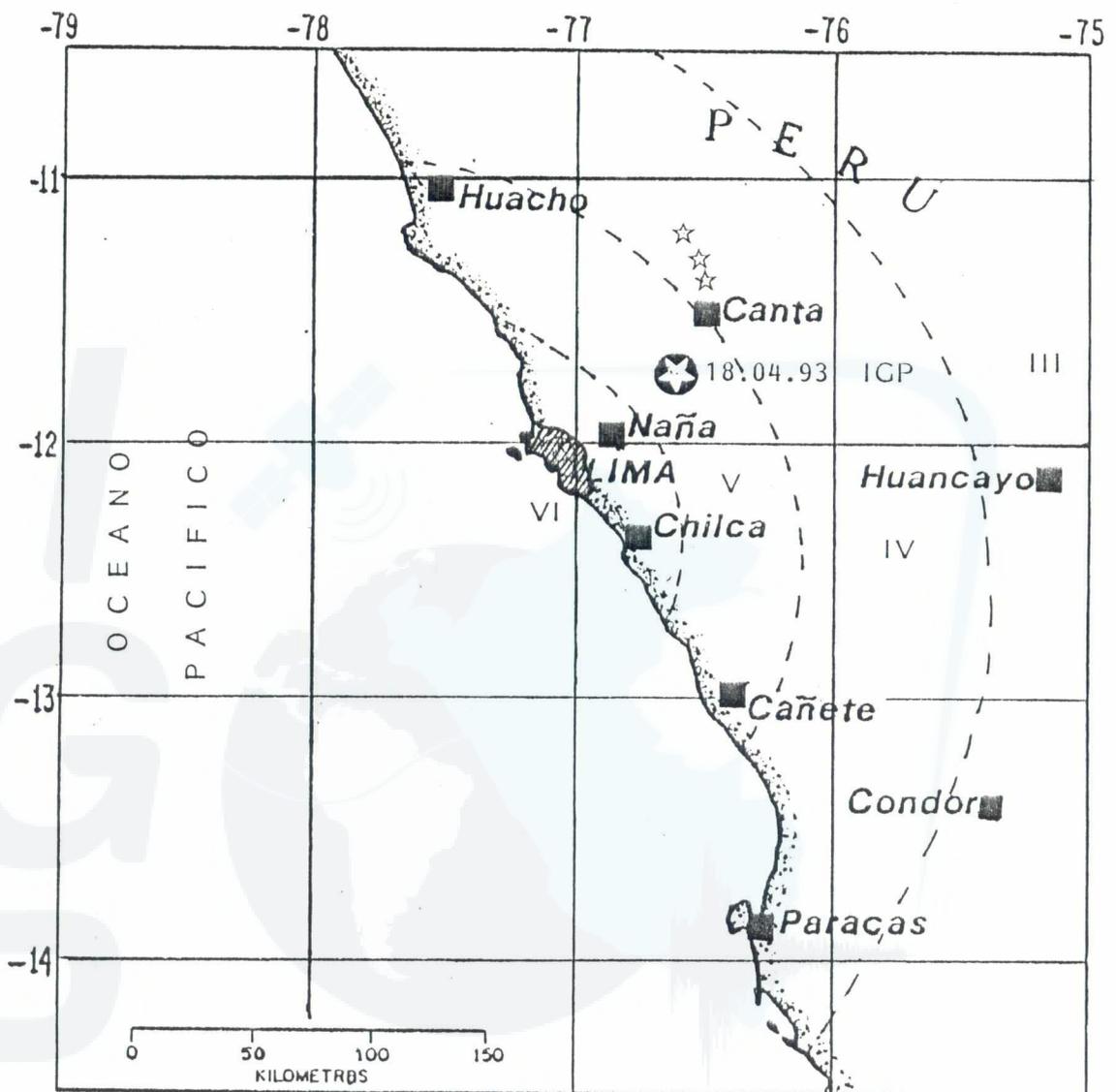


FIGURA 1

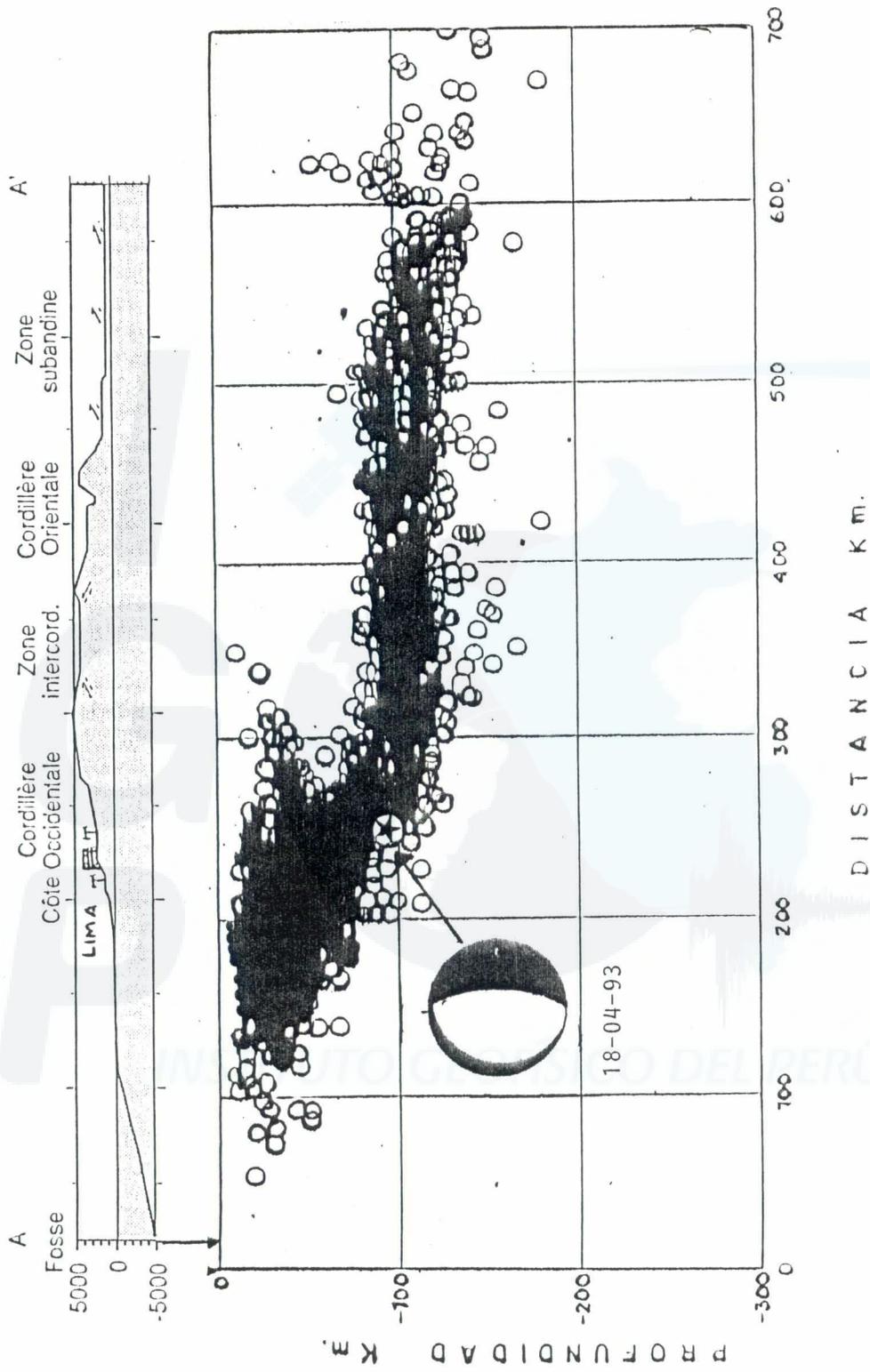


FIGURA 2

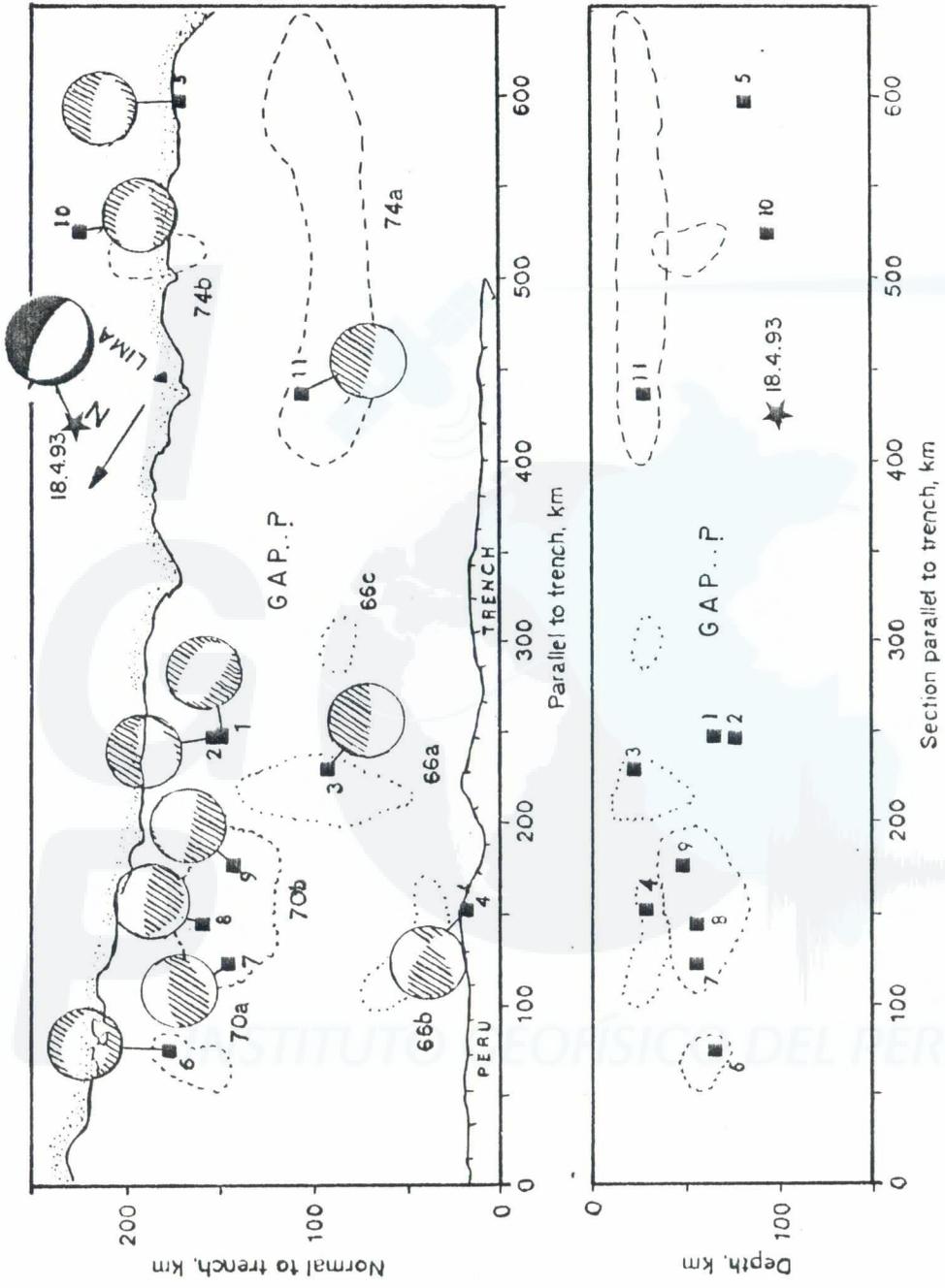


FIGURA 3

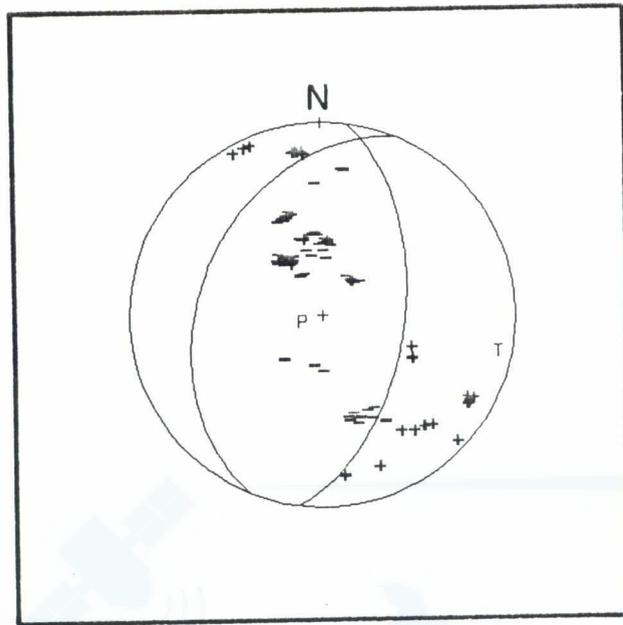
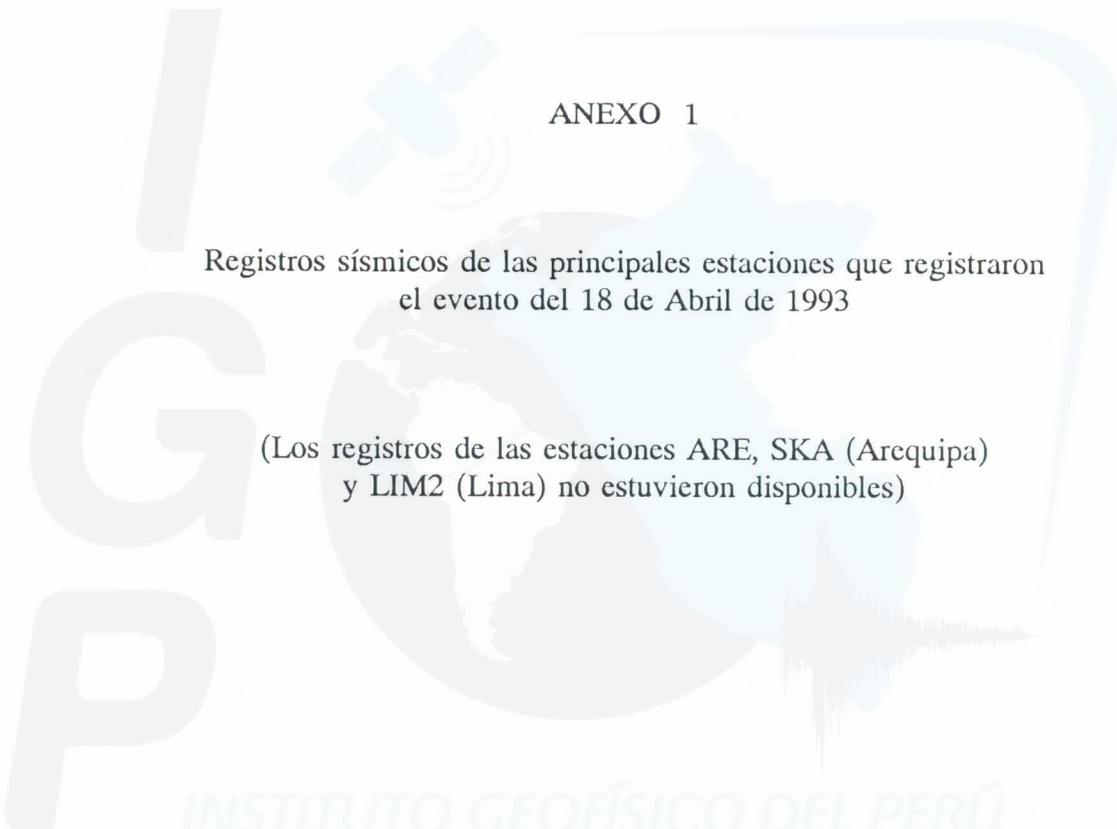


FIGURA 4

	AZIMUT	BUZAMIENTO	ANG. DESLIZAM.
Plano A:	8.0°	55.0°	-98.7°
Plano B:	203.0°	35.9°	-77.8°
Eje P:	246.9°	78.0°	
Eje T:	104.3°	9.6°	

TABLA 1

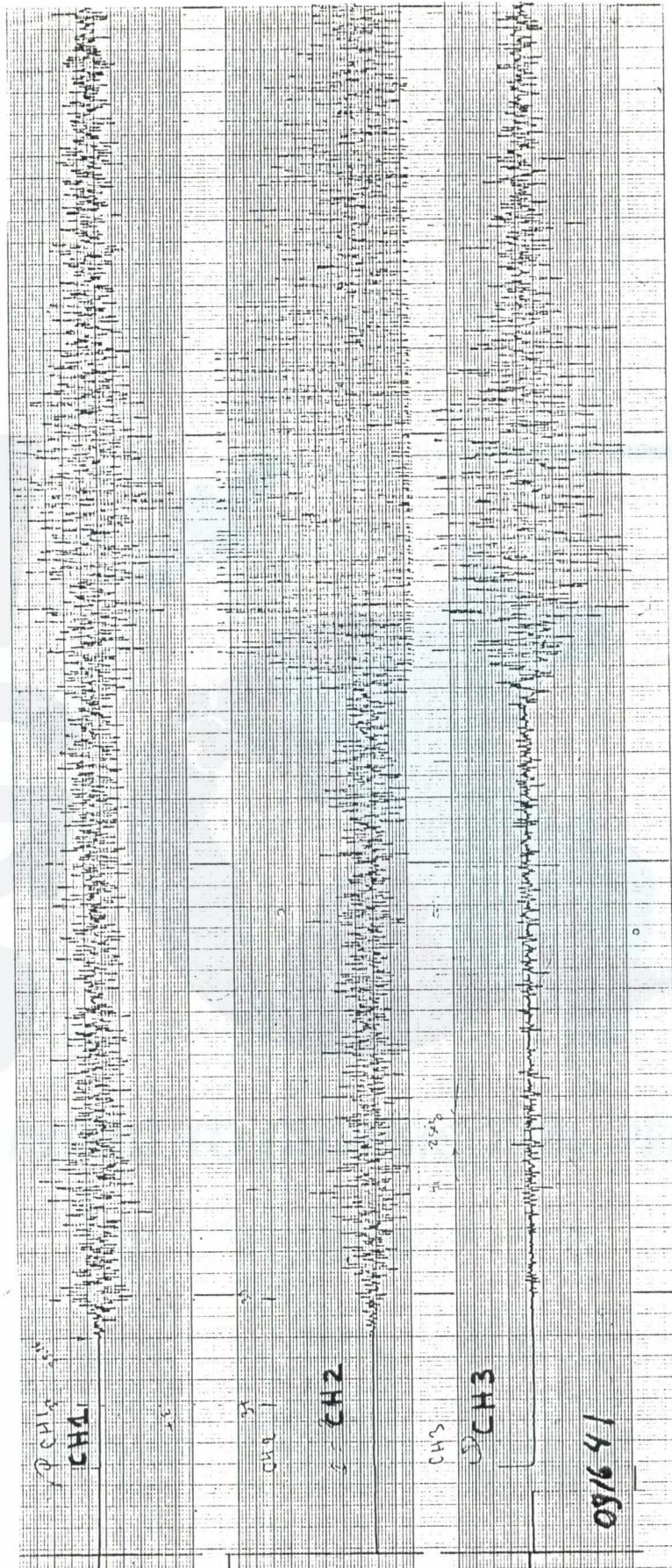


ANEXO 1

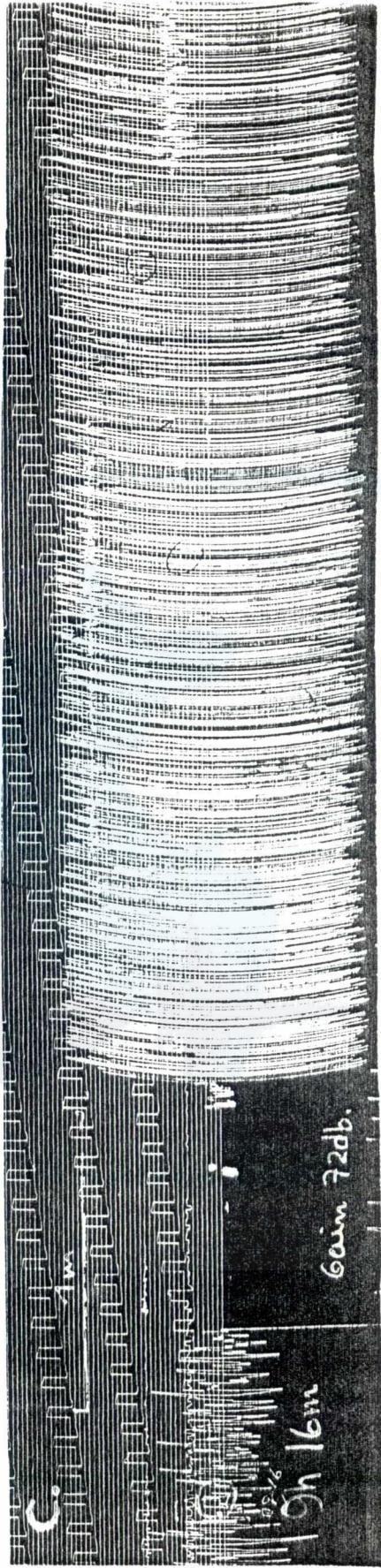
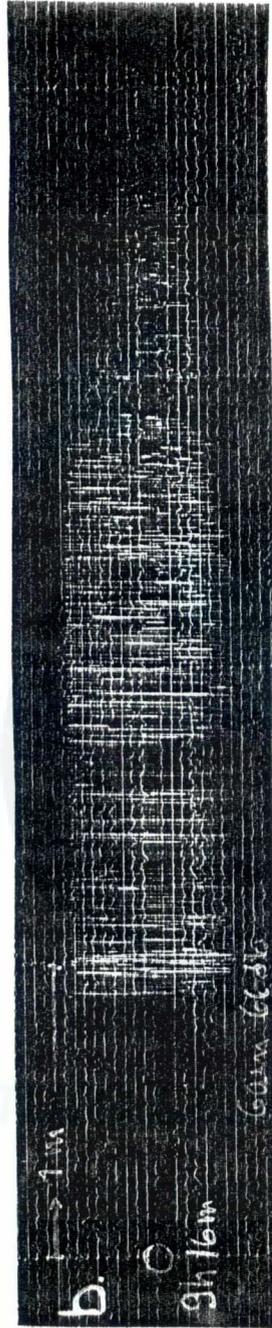
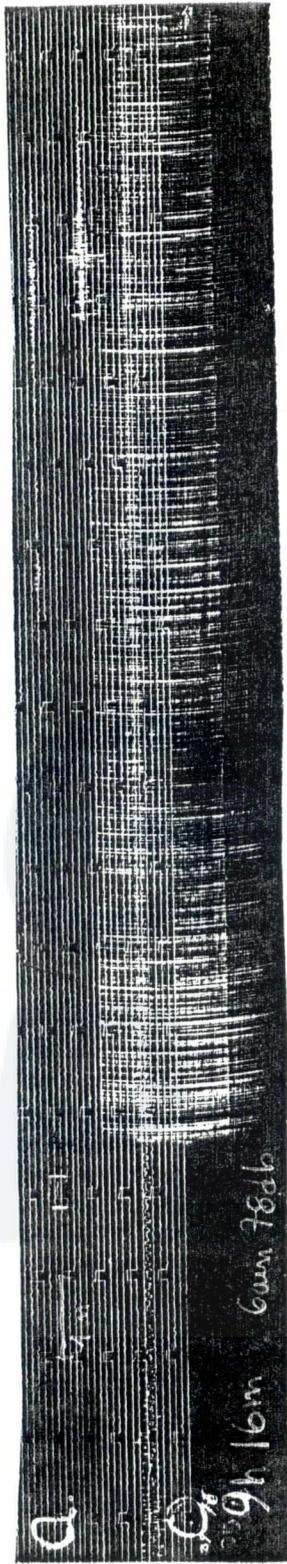
Registros sísmicos de las principales estaciones que registraron
el evento del 18 de Abril de 1993

(Los registros de las estaciones ARE, SKA (Arcuipa)
y LIM2 (Lima) no estuvieron disponibles)

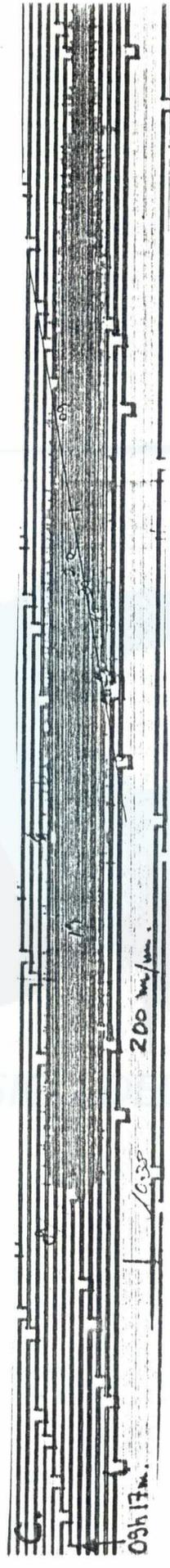
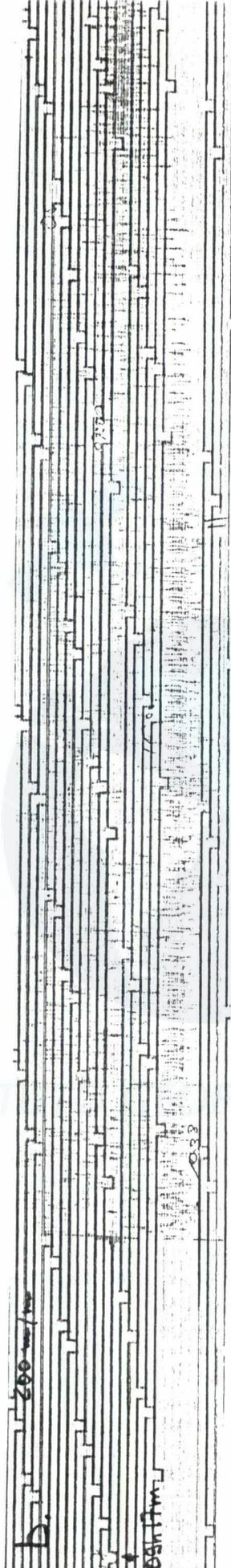
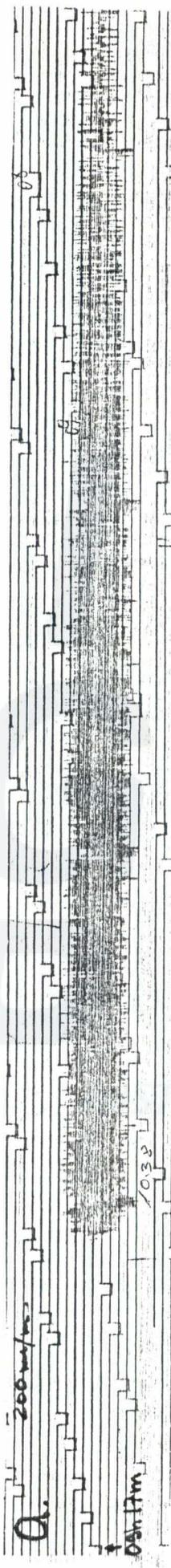
INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ



Estación sísmica de Ñaña (NNA); CH1 = componente vertical, CH2 = componente horizontal N-S, CH3 = componente horizontal E-W.



Registros sísmicos de: a) estación de Paracas, b) estación de Huánuco, c) estación de Guadalupe.



Registros sísmicos de: a) estación de Pomahuaca, b) estación de Portachuelo, c) estación de Huarmaca.

**INTENSIDADES SISMICAS Y OTROS EFECTOS CAUSADOS
POR EL SISMO DEL 18 DE ABRIL DE 1993**

Por:

Porfirio HUACO O. *
Yolanda ZAMUDIO D. **



- Ing. Agregado de Investigación – Div. Sismología.
- Bach. Ing. Geológica UNMSM – Tesista Div. Sismología.

1. INTRODUCCION

El Sismo ocurrido a las 04h 16m 21.3s (Hora Local) del día 18 de abril de 1993, con magnitud 5.7-5.8 Mb, profundidad de 94 km y epicentro ubicado a 55 km al Noreste de la Ciudad de Lima, (Bol. Sis. 93-11-IGP), tuvo un área de percepción de 150,000 kilómetros cuadrados, aproximadamente, comprendido entre los departamentos de La Libertad (Por el Norte), Ica (Por el Sur), Huanuco, Cerro de Pasco, Junín y Huancavelica,(Por el Este), y el Litoral (Por el Oeste), según se pudo establecer con el estudio que efectuó la misión técnica que el Instituto Geofísico del Perú, a través de su División de Sismología, envió al área de mayor percepción del Departamento de Lima; de igual manera se ha observado que las máximas intensidades producidas en la Escala de Mercalli Modificada (MM), fueron del orden de VII en las localidades más próximas al epicentro y en otras algo distantes al mismo, en las que por condiciones muy propias de suelo se han producido incremento en las aceleraciones, con el consecuente aumento de la Intensidad.

2. EVALUACION DE LAS INTENSIDADES

El análisis de la información sísmica obtenida en base de los 137 items de cada formato de evaluación de Intensidades, fue hecho para cada punto de observación; considerando el comportamiento de las personas, animales, cosas, cambios en el medio ambiente y daños en las construcciones de cada localidad visitada; lo que ha dado lugar a determinar los siguientes niveles promedios de Intensidades sísmicas observadas.

2.1. INTENSIDAD VII

Este nivel fue percibido y observado en la Localidad de San José de Pallé y alrededores del Valle de Santa Eulalia, asimismo en las zonas de Cocachacra, Chacrasana y en algunas zonas del distrito de La Molina.

2.2 INTENSIDAD VI

Este nivel fue observado en las localidades de Ñaña, Chaclacayo, Chosica, San Bartolomé, Surco, Matucana, Puente Piedra, Carabayllo, Yangas, Santa Rosa de Quives, Yaso, Pasamayo, Chancay, Río Seco, Sayán, Cieneguilla, Chontay, San José de Nieve Nieve y en algunas áreas muy puntuales de la ciudad de Lima.

2.3 INTENSIDAD V

Este nivel fue observado en las localidades de San Mateo, Canta, Obrajillo, Paríamarca, Lurín, Mala, Huaycán Alto, Huaura, Huacho, Supe, Huaral.

También en casi toda la ciudad de Lima predominó este nivel de intensidad, por lo que se está efectuando un estudio aparte de Intensidades Urbanas causadas por este sismo.

2.4 INTENSIDAD IV

Este nivel fue observado en las Localidades de Huáros, Cullhuay, Churin, Medio Mundo, Pachacamac, Santa María del Mar, San Bartolo, Chilca, Cañete.

2.5 INTENSIDAD III

Por problema de distancia y o comunicación se ha podido obtener información de pocos puntos con este nivel de Intensidad, obteniéndose así para Chimbote, Huaraz, Cerro de Pasco, Huancayo, Huancavelica.

3. DAÑOS Y EFECTOS CAUSADOS POR EL SISMO

3.1 RUTA : LIMA - CANTA - CULLHUAY

En el recorrido de esta ruta se ha podido observar algunos daños físicos menores, como derrumbes de cercas de Pirca, en la zona de Yangas, Santa Rosa de Quives y en otros puntos a lo largo del Valle del Río Chillón hasta llegar a la ciudad de Canta. Así mismo se ha observado algunos agrietamientos en los bordes y taludes húmedos de la carretera recién construída.

En el mismo trayecto, se ha observado que los taludes o cortes hechos en los cerros para dar paso a la Carretera, han sufrido algunos deslizamientos de material aluvial junto a fragmentos de roca de 50 cm. de diámetro que había sido fracturado e intemperizado previamente. No se ha encontrado cambios morfológicos ni desplazamientos de masas considerables, tampoco se ha encontrado afloramientos de roca fracturada por el sismo.

En cuanto a daños en las viviendas y otras construcciones, se ha observado en la zona de Yangas y en otras cercanas a ésta, que el sismo ha ocasionado daños leves en construcciones de adobe, es decir fisuras, caídas de revestimientos y grietas pequeñas en muros. En la ciudad de Canta y alrededores, los daños son casi imperceptibles, con excepción de algunos locales, que por su antigüedad o intemperización de sus elementos constructivos, han sufrido daños, esto ha ocurrido con algunos ambientes del local del colegio que tienen algo más de 100 años de antigüedad; cosa similar ha ocurrido con algunas viviendas que tienen igual antigüedad.

En los pueblos de Obrajillo y Paríamarca, los efectos y daños han sido similares a los de la ciudad de Canta, como caso especial se puede inferir que el colegio de la Localidad de Paríamarca requiere de una urgente reparación. En las localidades de Huaros y Cullhuay el sismo ha causado gran alarma no así daños de consideración.

Es preciso mencionar que la actividad sísmica que por tiempo de dos años se ha estado produciendo y percibiendo en la zona de Canta, Huaros, Cullhuay y otros, hace seis meses que ha decaído, al estado que actualmente ya no perciben sismos, esto según informes de los pobladores y autoridades de los pueblos afectados y ahora visitados.

3.2 RUTA : LIMA – CHOSICA – MATUCANA – SAN MATEO

En este recorrido se ha observado que los daños en el medio ambiente han sido mayores que en el Valle del Río Chillón. En el primer tramo de Lima a Chosica se ha observado que se han producido deslizamientos de piedra y material suelto en los cerros aledaños a la zona de Ñaña, Chaclacayo y Chosica, la caída de estos fragmentos de roca han

causado algunos daños materiales en viviendas y otras instalaciones. Entre Chosica y Matucana se ha observado mayores deslizamientos de roca llegando en algunos sitios a caer fragmentos de roca de 2 a 3 metros de diámetro, causando la interrupción de la carretera. Frente a la localidad de San Bartolomé al otro lado del río, en el cerro, se ha observado un deslizamiento mayor que ha afectado un área de 200m de alto por 100m de base. Así mismo frente a la localidad de Surco sobre la nueva carretera se ha observado un deslizamiento de 200m por 150m de alto; en este caso es probable que la apertura del nuevo trazo de la carretera haya contribuido a este desplazamiento de material rocoso. En el tramo de Matucana a San Mateo los daños han sido menores y en algunos casos imperceptibles.

Se debe hacer una referencia especial a la zona del Valle de Santa Eulalia, donde los deslizamientos de los cerros, si bien ha sido algo menores que en los del valle del Rímac, los indicativos de intensidades sísmicas observadas son mayores; el que no se haya producido mayores derrumbes en estos cerros es probable que se deba a la menor pendiente que presentan con respecto a los del valle del Rímac.

Los daños en vivienda han sido menores, solamente se han producido en construcciones de adobe mostrando grietas en muros y caída de revestimientos; no se ha observado daños estructurales en vivienda o construcciones de ladrillo reforzado con concreto armado. Los mayores daños en viviendas se ha producido en los poblados de San Bartolomé, donde el sismo ha causado agrietamientos en muros en viviendas de adobe y derrumbe parcial de algunos muros. En la localidad de Surco, ha causado el agrietamiento de varias viviendas de adobe y Pirca, observandose el mayor daño en la torre de la Iglesia a la que el sismo ha causado un derrumbe parcial. En cuanto a otros tipos de daños, se ha visto a lo largo del valle entre Chosica y Matucana las cercas de Pirca que limitan los campos de

cultivo han sufrido derrumbes parciales.

3.3 RUTA : PACHACAMAC – CIENEGUILLA – NIEVENIEVE

Al igual que los valles del Río Chillón y el Rímac, en este valle del Río Lurín, los derrumbes en los cerros aledaños se han producido a causa del sismo, aunque en menor grado que en los dos anteriores. Los mayores derrumbes de piedra y otro material inestable se ha producido en los cerros cercanos a las localidades de Cieneguilla, Chontay Bajo y Nievenieve. Daños mayores en viviendas no se ha encontrado a pesar de que predomina la vivienda de adobe y pirca.

En el recorrido tanto al norte (Huaral, Sayán, Churín, Huacho, Supe) como al Sur (Lurín, San Bartolo, Chilca y Mala) se han observado los efectos de las intensidades anotadas en el Mapa que se adjunta, éstas caracterizan e indican el nivel de percepción y daños ocasionados.

Toda esta información, de niveles de Intensidades Sísmicas observadas, está resumida en el Mapa de Intensidades Sísmicas Locales. El signo que algunas veces acompaña al nivel de Intensidad anotado, es un indicativo de incremento o decremento del nivel de intensidad manifestado.

Los autores del presente informe deseamos manifestar nuestro reconocimiento a la eficiente colaboración del técnico Gudneç Pinedo, en todo el trabajo de campo, y al dibujante Sr. Juan Carlos Villacorta.

4. CONCLUSIONES

Del estudio efectuado se puede concluir con:

1.- La gran área de percepción de alrededor de 150,000 Kilometros cuadrados, concuerda con la característica de un sismo de profundidad intermedia (100 km.), nivel donde este se ha producido.

2.- Las máximas intensidades observadas han sido de VII (MM), causado por el sismo en los alrededores del epicentro y en algunos puntos del distrito de La Molina.

3.- Los niveles de Intensidades Sísmicas que han predominado son del orden de VI y V (MM), grado de severidad que no causa mayor daño en las personas, sus viviendas e instalaciones.

4.- Los deslizamientos que en algunos lugares se produjeron se debió en gran parte a fragmentación de rocas intemperizadas y alteradas, junto a material suelto y deslenable.

5.- Los daños en viviendas y otras instalaciones solamente se han producido en construcciones de adobe causando en estas agrietamiento y caída de estuque, en tanto desmoronamiento parcial de cercas de pirca.

6.- No se ha encontrado evidencias de fenómenos de agrietamientos o asentamientos diferenciales, en el terreno, ni indicios de licuefacción de arenas.

