

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CISMID

LABORATORIO GEOTECNICO



MICROZONIFICACION SISMICA DE LA CIUDAD DE HUARAZ

Ing. Carlos Huamán Egoávil
Ing. Zenón Aguilar Bardales
Ing. Dina Tang Montané
Ing. Milagro Castro-Cuba Valencia

AGOSTO 1992

PRESENTACIÓN

El trabajo que se presenta a continuación constituye el informe del estudio de "Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz" que se ha desarrollado en el Laboratorio Geotécnico del CISMID como parte del programa de investigaciones realizadas en este período

El desarrollo de este trabajo se ha llevado a cabo debido al interés que ha puesto la Universidad Municipal Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), la Municipalidad de Huaraz y el CISMID para seguir investigando sobre las características de los suelos de esta ciudad, la cual debido a su ubicación es susceptible a movimientos telúricos, que han provocado en el pasado destrucción de buena parte de sus construcciones y pérdida de vidas.

Las labores se han realizado en coordinación con la Facultad de Ingeniería Civil de la UNASAM representada por el Ing. Luis Coral Jamanca y los Bachilleres César Gonzáles y Mayelo Salazar, de quienes hemos recibido todo el apoyo del caso.

Así mismo se ha contado con el apoyo económico de JICA. y el apoyo incondicional y desinteresado del personal técnico del CISMID: Julio Olavarría O., Víctor Valenzuela P., Roger Zumarán R., Tomás Guerrero A., a quienes expresamos nuestro especial agradecimiento.

Esperamos que toda la información que se presenta sumada a la ya existente proporcione una visión más amplia de las características geotécnicas y del comportamiento sísmico de los suelos de la ciudad de Huaraz, con la finalidad de llegar a un análisis detallado de éstas.

Quisiéramos también que los puntos referenciales tomados en las ciudades de Caraz, Carhuaz y Huaraz sean un incentivo para iniciar labores de investigación sísmica en dichas ciudades.

Los Autores

SUMARIO

El presente trabajo se refiere a la Microzonificación Sísmica de la ciudad de Huaraz basado en la medición de microtrepidaciones, cuyos resultados se presentan en este reporte.

Estos ensayos proporcionan los valores de períodos predominantes del suelo, que juntamente con el estudio geotécnico: geológico, geomorfológico, sísmológico, hidrológico e ingeniería sísmoresistente, proporcionan parámetros para realizar la microzonificación sísmica de la ciudad.

En el Capítulo I se hace una descripción de la geografía, la topografía, del clima y del desarrollo y expansión urbana de la ciudad de Huaraz.

En el Capítulo II se presenta la geomorfología y la geología de la ciudad, indicando su distribución en el área urbana.

En el Capítulo III se muestra la relación de los estudios realizados y recopilados, en base a los cuales se han obtenido las características de las diferentes unidades geológicas, geomorfológicas y de mecánica de suelos, mediciones de microtrepidaciones, en base de las cuales se propuso una zonificación geotécnica de la ciudad de Huaraz que la analizamos y actualizamos.

De igual manera presentamos la relación de piezómetros colocados en la ciudad de Huaraz con la finalidad de llevar un registro de la variación del nivel freático en las diferentes épocas del año.

En el Capítulo IV se muestran nuestros resultados obtenidos del estudio de microtrepidaciones, incorporando la información necesaria y adecuada a las características encontradas del subsuelo de la ciudad de Huaraz. Se efectuaron ensayos de microtrepidaciones en un número de 40 en la primera evaluación realizada en Junio de 1987 y de 147 en la segunda evaluación efectuada entre Junio de 1991 y Febrero de 1992, para obtener Mapas con Curvas Isoperíodos, es decir de igual período predominante de vibración del suelo.

El rango de períodos medidos en la ciudad de Huaraz varía entre 0.10 y 0.35 segundos, evidenciándose en estos resultados una buena correspondencia con las condiciones geológicas existentes.

En el Capítulo V se presenta la sismicidad del área en estudio y se realiza una revisión del Peligro Sísmico de la ciudad de Huaraz con la información sísmológica actualizada hasta el año 1989 y con nuevos parámetros de recurrencia determinados en el CISMID.

Finalmente, en el Capítulo VI se presentan las conclusiones extraídas de esta investigación y las recomendaciones para continuar perfeccionando el estudio.

INTRODUCCION

La microzonificación sísmica de una ciudad es una investigación multidisciplinaria, que involucra la realización del estudio geotécnico, geológico, sísmológico, hidrológico, de evaluación de daños, de microtrepidaciones y amplificación sísmica.

Las microtrepidaciones se utilizan para determinar las propiedades dinámicas del subsuelo, pudiéndose verificar dichas mediciones con análisis de amplificación sísmica a deformaciones pequeñas de la roca basal a la superficie. Las mediciones de microtrepidaciones son relativamente fáciles de ejecutar y se realizan sin la necesidad de esperar la ocurrencia de un sismo.

El estudio de las microtrepidaciones, como un método de microzonificación sísmica se ha llevado a cabo en varios países. El Japón (Kanai et al 1954) utilizó este método hace más de treinta años para clasificar el suelo en cuatro categorías, habiéndose utilizado después dichos resultados en el reglamento sismoresistente del Japón. Taniwangsa (1981) utilizó esta metodología en Indonesia para realizar la microzonificación sísmica de la capital, Jakarta. En Chile, se ha utilizado el método en la microzonificación sísmica de varias ciudades (Lástrico y Monge, 1972; Thomas et al, 1980).

En el Perú se han realizado ensayos de microtrepidaciones: en Chimbote (Morimoto et al, 1971; Hermoza, 1972; Alva Hurtado et al, 1986), en Huaraz: (Kuroiwa et al, 1973; Armas, 1973; Alva Hurtado et al, 1986), Nueva Ciudad Majes (Meneses, 1990), Cusco y Tacna (Tokeshi, 1990), en La Molina (Martínez J., 1991), Arequipa (Aguilar, 1991), La Punta y Callao (Huamán, 1991).

La ciudad de Huaraz ha sufrido innumerables sismos; trayendo alguno de ellos consecuencias graves como el del 31 de Mayo de 1970, que fue probablemente uno de los más destructivos registrados en el país.

Bajo estos antecedentes, el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) estaba interesado en realizar un estudio más detallado en la ciudad de Huaraz. De allí que se formuló el presente proyecto de investigación denominado: Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz, que ha contado con el auspicio de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) y la Municipalidad de Huaraz, intentando establecer con mayor precisión las áreas sísmicamente vulnerables de la zona.

En este estudio se documentan las mediciones de microtrepidaciones realizadas en la ciudad de Huaraz en 1986, (Alva J., Martínez J.), así como los datos de la primera jornada, correspondiente a este proyecto, de evaluación realizada por el CISMID en Junio de 1991; junto a los datos de las mediciones realizadas en la segunda y tercera jornada de evaluación realizadas en Noviembre de 1991 y Marzo de 1992, respectivamente.

De igual forma se presenta la evaluación de los sondeos realizados en las diferente jornadas de trabajo, así como las realizadas para la colocación de piezómetros en la cuarta jornada de trabajo en Marzo de 1992. Con lo cual ya podemos establecer el mapa de distribución de isoperíodos e identificar las zonas con similares características de vibración en dicha ciudad.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Ubicación y Extensión de la Zona en Estudio.-

La ciudad de Huaraz se ubica en el curso superior y en la margen derecha del río Santa, que corre entre dos grandes cadenas de montañas, la Cordillera Blanca al Este y la Cordillera Negra al Oeste. Está situada a 400 km al norte de Lima y se encuentra a 3,025 m.s.n.m.

La ubicación de la zona de estudio está definida por las coordenadas:

Latitud 9.25° S - 9.75° S

Longitud 77.25° W - 77.75° W

(ver Figura N° 1.1)

1.2 Geografía.-

El área estudiada se halla enclavada en la parte central del departamento de Ancash y a su vez es su capital política. Esta zona andina muestra el único río de la Cuenca del Pacífico que antes de desembocar en él, su cauce corre de Sur a Norte, paralelo al litoral, formando el maravilloso Callejón de Huaylas.

En este lugar se puede apreciar el contraste geográfico que existe entre la Cordillera Negra carente de nevados y la Cordillera Blanca con nieves perpétuas.

Desde el Valle del Santa que separa las Cordilleras Blanca y Negra, hasta la línea de cumbres de la segunda y el límite de los niveles más bajos de nieves, en la Cordillera Blanca, existe una distancia promedio de 15 km, variando las alturas desde 2,500 metros en el valle a 4,800 metros como altura máxima en la Cordillera Negra (Punta Callán) hasta 6,274 metros (Nevado Palcarraju en Huaraz).

1.3 Rasgos Topográficos.-

Las montañas son los rasgos topográficos presentes al Oeste de la Cordillera Negra y al Este de la Cordillera Blanca, cuya separación entre crestas está entre 15 y 20 km. Ambas están separadas geográficamente por el río Santa que corre por el fondo del valle. La línea de cumbres de la Cordillera Negra es relativamente uniforme, variando su altitud entre 4,200 m y 5,000 m. Su flanco oriental está drenado por cortes tributarios del río Santa y por lo general es bastante accidentado, volviéndose progresivamente más abrupto y empinado de Sur a Norte.

La línea de cumbres de la Cordillera Blanca por el contrario es desigual y constituye la divisoria continental de las aguas. La diferencia de altitud promedio entre la planicie y los picos pasa los 1,000 m. Su flanco occidental es drenado por numerosos y caudalosos ríos que nacen de los glaciares, este presenta un relieve moderado por acción de los glaciares, pero cambia nuevamente cuando se acerca al macizo granodiorítico que forman las elevadas cumbres.

El paisaje topográfico nos muestra depósitos de morrenas, estrías en la superficie de rocas, valles en "U" producto de los glaciares; así mismo podemos ver en las partes altas de la Cordillera Negra cuencas tipo circoglaciario.

También podemos apreciar el río Santa que nace en Conococha, laguna de tipo glaciar, ha labrado su cauce a través de las cordilleras, pasando entre roca volcánica del Terciario y sedimentos del Cretáceo Inferior, llegando a la altura de Huaylas corta una granodiorita formando el famoso Cañón del Pato.

Los tributarios de este río que vienen de la Cordillera Blanca, han depositado conos de deyección, arrinconando al río Santa hacia la Cordillera Negra. Sobre dichos conos se han establecido las grandes poblaciones de Huaraz, Carhuaz, etc.

1.4 Clima y Condiciones Meteorológicas.-

Como en toda la sierra del Perú, esta parte no tiene más de dos estaciones, determinadas por la temporada de lluvias.

La sequía coincide con el invierno del Hemisferio Sur; sin embargo en la sierra se le llama verano. Por el contrario, se llama invierno a lo que en el Hemisferio Sur debería ser verano.

La temporada de lluvias empieza en Octubre y dura hasta Abril, siendo los meses más lluviosos de Enero a Marzo.

A pesar de la proximidad al mar existen una variedad de climas descritos por Broggi.

La precipitación total anual no es alta, siendo mayor en la Cordillera Blanca.

Debido a la menor precipitación y a altitudes más bajas, la Cordillera Negra no presenta nieves ni glaciares como los que son comunes en los numerosos picos de la Cordillera Blanca.

"Una de las causas por las que las cumbre de la Cordillera Negra no están nevadas es la corriente de aire que sopla desde el litoral" (Raimondi, 1876)

1.5 Expansión Urbana de Huaraz.-

La ciudad de Huaraz, al igual que otras ciudades de nuestra costa, ha sufrido corrientes migratorias que llegan desde las zonas más altas de la región en busca de mejores condiciones de vida, generando el crecimiento desmesurado y desordenado de la ciudad.

A raíz del sismo del 70 se iniciaron la creación de urbanizaciones populares en las áreas periféricas. Este crecimiento de las áreas marginales está relacionado a la acción del Estado, quien ante un rápido crecimiento poblacional se vió sobrepasado en su planificación, lo cual lleva a los sectores populares a habitar áreas en muchos casos de difícil acceso y otros con serios riesgos, no siendo fácil ya el traslado de pobladores a zonas más seguras debido a la negativa de estos.

El proceso de urbanización se presenta de 2 formas: a) uno semi controlado de los mismos pobladores de Huaraz, y b) el crecimiento descontrolado caracterizado por el surgimiento masivo de asentamientos ilegales, formados en su mayoría por migrantes.

CAPITULO II

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

2.1 Generalidades.-

La geología de la Cordillera Blanca tiene un núcleo de granodiorita terciaria y esporádicamente rocas graníticas; pizarra, arenisca y lutitas del Mesozoico que reposan sobre los flancos (Wilson et al, 1967).

La Cordillera Negra consiste mayormente de flujos y rocas volcánicas del Terciario, andesitas fraccionadas y rocas riolíticas en composición. Rocas graníticas y sedimentarias se encuentran también en muchos lugares (Wilson et al, 1967).

El valle del río Santa está parcialmente lleno de material fluvio glaciario, glaciario o aluvial muy separados y espesos, los cuales provienen de la erosión de morrenas y extensos mantos fluvio glaciares que se ubican sobre los 3,500 m (Lliboutry et al, 1970).

Los materiales fluvio glaciares están constituidos por una mezcla de cantos y gravas angulares así como de arena y arcilla. Las capas se muestran homogéneas en sí mismas pero diferentes entre sí, lo cual hace variar sus propiedades físicas. Son suficientemente cohesivos para mantenerse con taludes casi verticales pero inestables al ser saturados o ante un movimiento sísmico. (Lliboutry et al, 1970; Plafker et al, 1970)

En la Figura N° 2.1 presentamos la geología de Huaraz basados en el mapa geológico realizado para CRYRZA, la fotointerpretación estereoscópica de vistas aéreas del año 1970 y las diferentes perforaciones efectuadas de comprobación.

Según investigaciones realizadas (Plafker et al, 1970), las colinas inclinadas cercanas a Huaraz pueden constituir un riesgo geológico para la futura expansión urbana de Huaraz, sobre todo por el alto potencial de deslizamiento y fisuras en el área.

2.2 Aspecto Geológico General.-

En el área estudiada se encuentran las siguientes unidades litológicas bien determinadas:

- Una secuencia sedimentaria expuesta desde 6 km al Norte de Huaraz, hasta Carhuaz (continuando más al Norte de esta ciudad).

Estos sedimentos pertenecen al cretáceo, siendo la edad de la más antigua infra-valanginiana (Fm. Chimú), superyacen sobre ésta, calizas del Valanginiano Superior (Fm. Santa) (V. Benavides, 1956).

Encima de estas últimas se nota una serie de lutitas-yeso-cuarcitas-lutitas e intercaladas con calizas, se atribuyen todas al intervalo Hauteriviano-Aptiano (Fm. Carhuaz). Por último coronan estos sedimentos, calizas albianas. La secuencia sedimentaria alcanza más o menos 2,000 metros.

- Una secuencia volcánica consistente principalmente de derrames, tufos y aglomerados incluyendo a veces brechas o sedimentos (pizarras y cuarcitas). Estos volcánicos yacen en discordancia sobre los sedimentos y están desigualmente plegados respecto de aquéllos. Consisten de riolitas, riolacitas, dacitas, traquitas y andesitas.

La secuencia no tiene edad definida, se le sitúa entre fines del Cretáceo y principios del Terciario, su potencia total oscila entre 800 y 1,000 metros, predominan en la Cordillera Negra, coronando las cumbres de ésta.

- Un tercer grupo está constituido por rocas intrusivas que atraviesan tanto a los sedimentos como a los volcánicos.

La roca ígnea principal es el batolito de la Cordillera Blanca y otras intrusiones menores quizás posteriores a dicho batolito, las que son responsables de la mineralización; en esta parte, estas pequeñas intrusiones cortan a los sedimentos y a la secuencia volcánica.

Los intrusivos son preferentemente granodiorita, granito y diorita, a los que se les ha asignado edad terciaria.

- El Cuaternario está representado por terrazas fluviales, depósitos fluvio-glaciares, morrenas, glaciares; lejos de nuestro objetivo, también existen depósitos de travertinos recientes en Chancos, cuya fuente de origen está aún en actividad, (ver Figura N° 2.2).

2.3 Geomorfología del Area Urbana.-

La geomorfología de la zona urbana se puede resumir así: (Armas 1972).

- Una zona central que separa las áreas de la ciudad hacia el Norte y Sur compuesto de terreno aluvional de origen reciente (especialmente del aluvión de 1941) constituido mayormente por bloques de granodioritas que en tamaño superan los 5 a 10 m de diámetro.

- Terrazas del río Santa ubicadas en la ciudad a lo largo de la dirección Sur-Norte.

Cronológicamente, la terraza más antigua T1-S, se encuentra ubicada como un remanente en la parte alta del Barrio Centenario. En el Barrio de Huarupampa se encuentran las terrazas T2-S y T3-S, truncadas por el torrente río Seco y por la zona aluvional.

- Zona de depósitos de arcillas y arenas, productos de un represamiento antiguo del río Santa, que ocupa las zonas del casco urbano. Las arenas saturadas están ubicadas en el Barrio de Belén, siendo limitantes con los depósitos arcillosos.

- Abanico aluvial y depósito torrencial o aluvional que conforman las zonas conocidas como El Pedregal y La Soledad; constituido por fragmentos de material fluvio-glaciario re trabajados, de angulosos a sub angulosos; transportados pendiente abajo por flujos torrenciales, ocasionados por las precipitaciones pluviales.

- Zona aluvial del río Quilcay cuyos límites abarcan hacia el Sur, parte del Barrio de San Francisco y hacia el Norte, gran parte de las zonas conocidas como Nicrupampa y Centenario.

- La parte Este de la zona urbana, con taludes más empinados y recubiertos de escombros de pendiente y depósitos fluvio-glaciares.

- Afloramientos de rocas y coladas de la formación Calipuy que se presentan aisladamente hacia el Este, Sur y flanco Occidental del río Santa formando una unidad estructural, en otras palabras, la roca base sobre la que descansan los depósitos glaciares-aluvionales de la ciudad de Huaraz (Lliboutry et al, 1970).

En la Figura N° 2.3 se presenta la geomorfología de la ciudad de Huaraz (LAGESA, 1972).

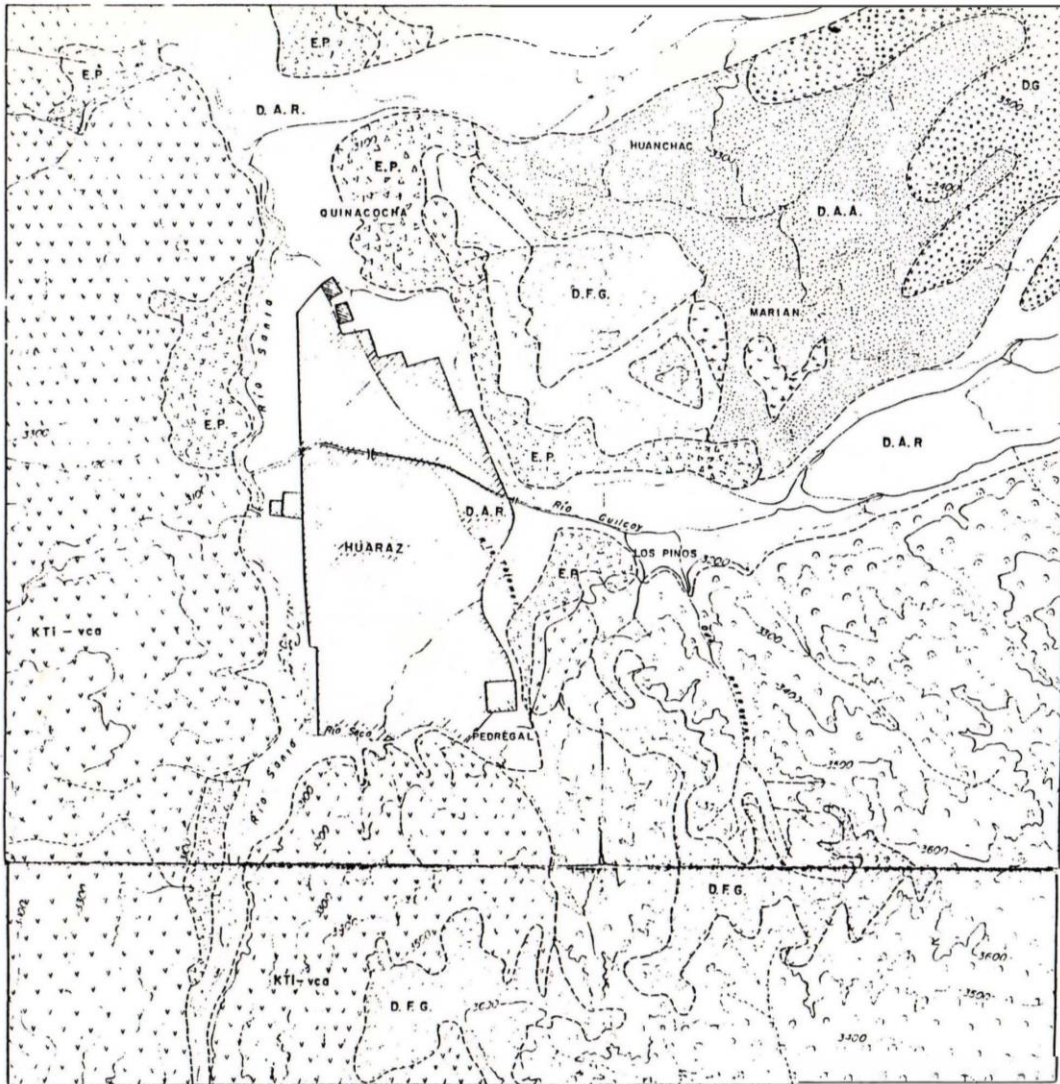
2.4 Hidrogeología de Huaraz.-

Las condiciones hidrogeológicas del subsuelo se caracterizan como heterogéneas por la presencia de la napa freática, en origen y sentido de desplazamiento de las aguas subterráneas.

Según los estudios realizados para CRYRZA (Armas, 1972), la napa freática es alimentada por las filtraciones provenientes de las quebradas de Bellavista, Rataquena y en especial por el cauce permanente de agua, Tajamar, que se desplaza entre la planta de tratamiento de agua potable de Huaraz y el río Quilcay; cauce que ha sido impermeabilizado en la actualidad, pudiendo variar los resultados del presente estudio en esa zona de influencia.

Los estudios realizados para CRYRZA se traducen en la delimitación de áreas en relación con la profundidad de la napa freática y afloramientos de agua. En base a 24 calicatas y observaciones, el mapa que se presenta en la Figura N° 2.4, es libre y convergente con un ancho de 800 m entre la Av. Villón y el Estadio Rosas Pampa. El acuífero es de muy baja permeabilidad con valores de gradientes hidráulicas entre 0.042 en la Plaza de Armas y 0.034 en el sector de Huarupampa, en términos generales son acuíferos de bajo rendimiento.

La naturaleza del subsuelo en sus primeros metros, así como la presencia de la napa freática, se determinó analizando los perfiles estratigráficos del estudio de LAGESA y la fotointerpretación de vistas aéreas. Con esta información de los registros piezométricos será posible re-delinear la ubicación ya existente de la napa freática a niveles superficiales. En el mapa de profundidad del nivel freático (Figura N° 2.4) realizado en este estudio se consideran dos zonas: la primera corresponde a profundidades del nivel freático menores de 1.5 m y la segunda, donde el nivel freático se ubica entre los 1.5 y 3 m de profundidad, es decir superficial, y con influencia en los suelos finos.



E.R.A.		SISTEMA SERIE		UNIDADES LITOLÓGICAS Y GRÁFICAS		DESCRIPCIÓN	Nomenclatura
CENOZOICO CUATERNARIO	TERCIARIO INFERIOR	KTI	vc	[Symbol]	Depósito aluvial reciente	D.A.R.	
				[Symbol]	Depósito aluvial antiguo	D.A.A.	
				[Symbol]	Escobras de pendiente	E.P.	
				[Symbol]	Depósito glaciar	D.G.	
				[Symbol]	Depósito fluvio-glaciar	D.F.G.	
CENOZOICO CUATERNARIO	TERCIARIO SUPERIOR	KI	ca	[Symbol]	Volcánica Calibay	KTI-vc	
				[Symbol]	Formación Coshuas	Ki-ca	
				[Symbol]	Formación Santa	Ki-ca	
				[Symbol]	Formación Chimú	Ki-Chim	
				[Symbol]	Formación Chicama	Ki-Chic	

SIMBOLOGIA

- [Symbol] Pantanos
- [Symbol] Depósito fluvio-glaciar muy erosionado

Fig. N° 2.1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA PROYECTO ECOSIS MAPA GEOLOGICO DE HUARAZ REF. CRYRZA, 1972; FOTINTERPRETACION ESCALA 1:25,000		
HECHO POR: EDWIN ORDÓÑEZ H.	REVISADO POR: J. ALVA HURTADO	FECHA: NOVIEMBRE, 1983

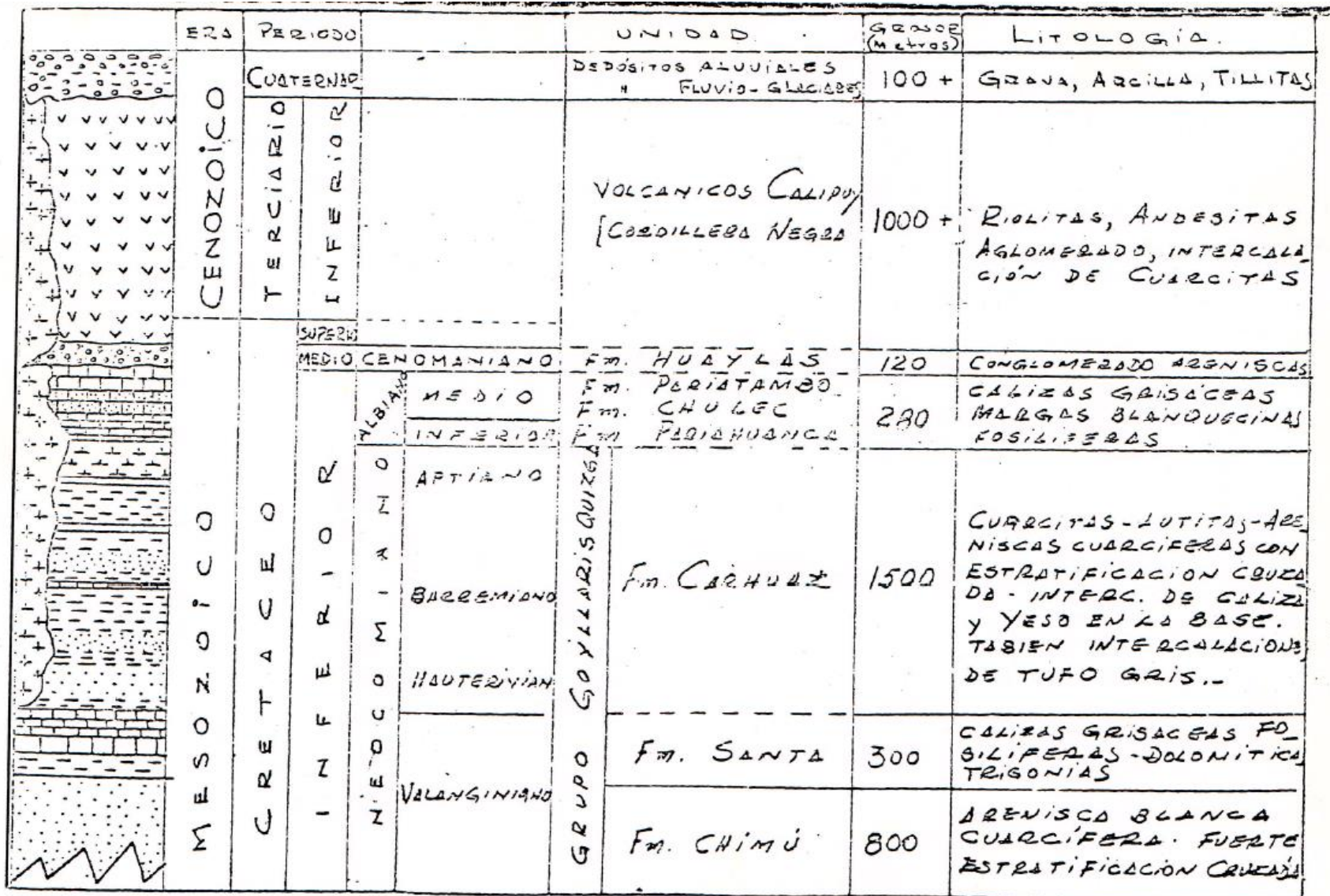
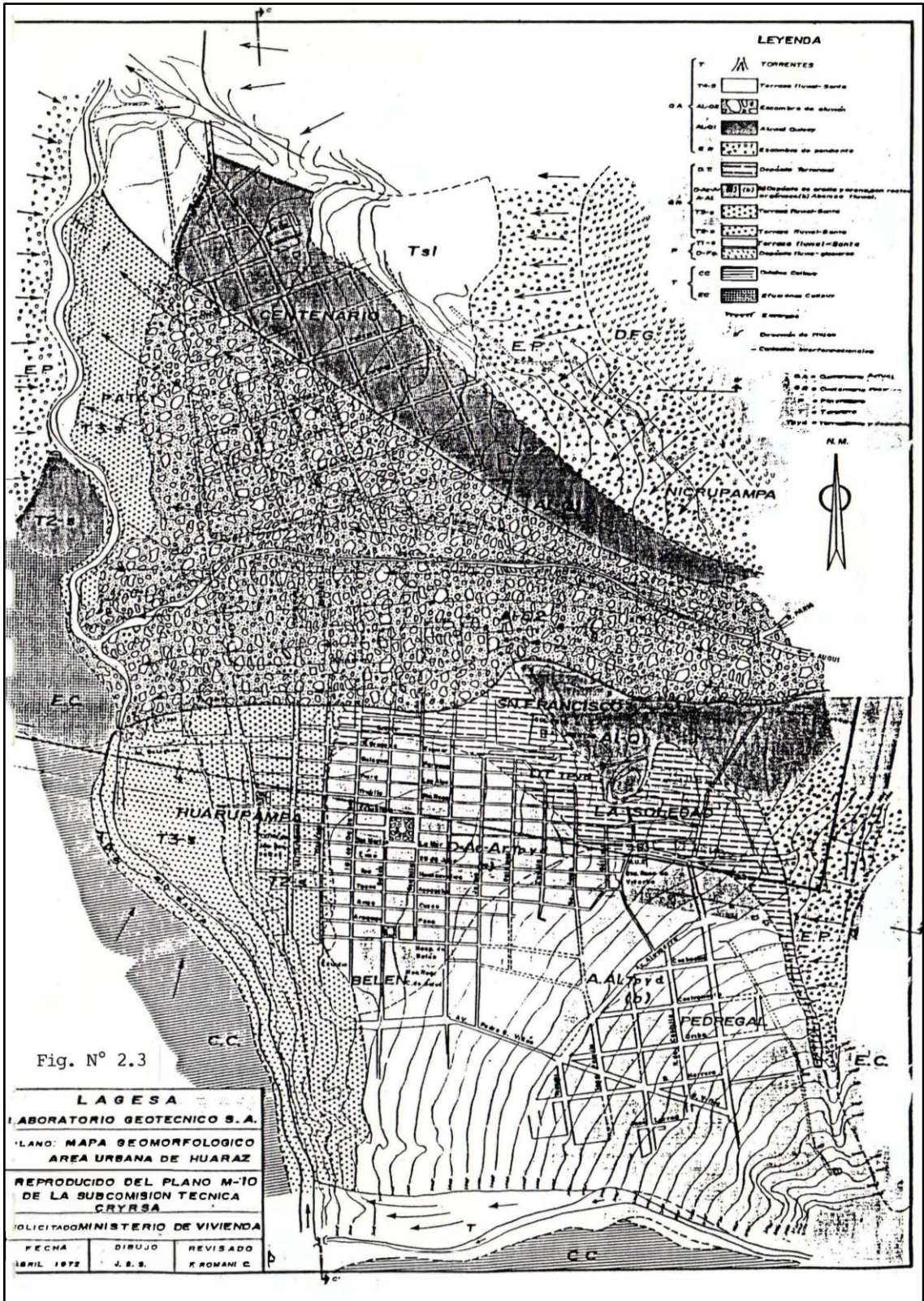
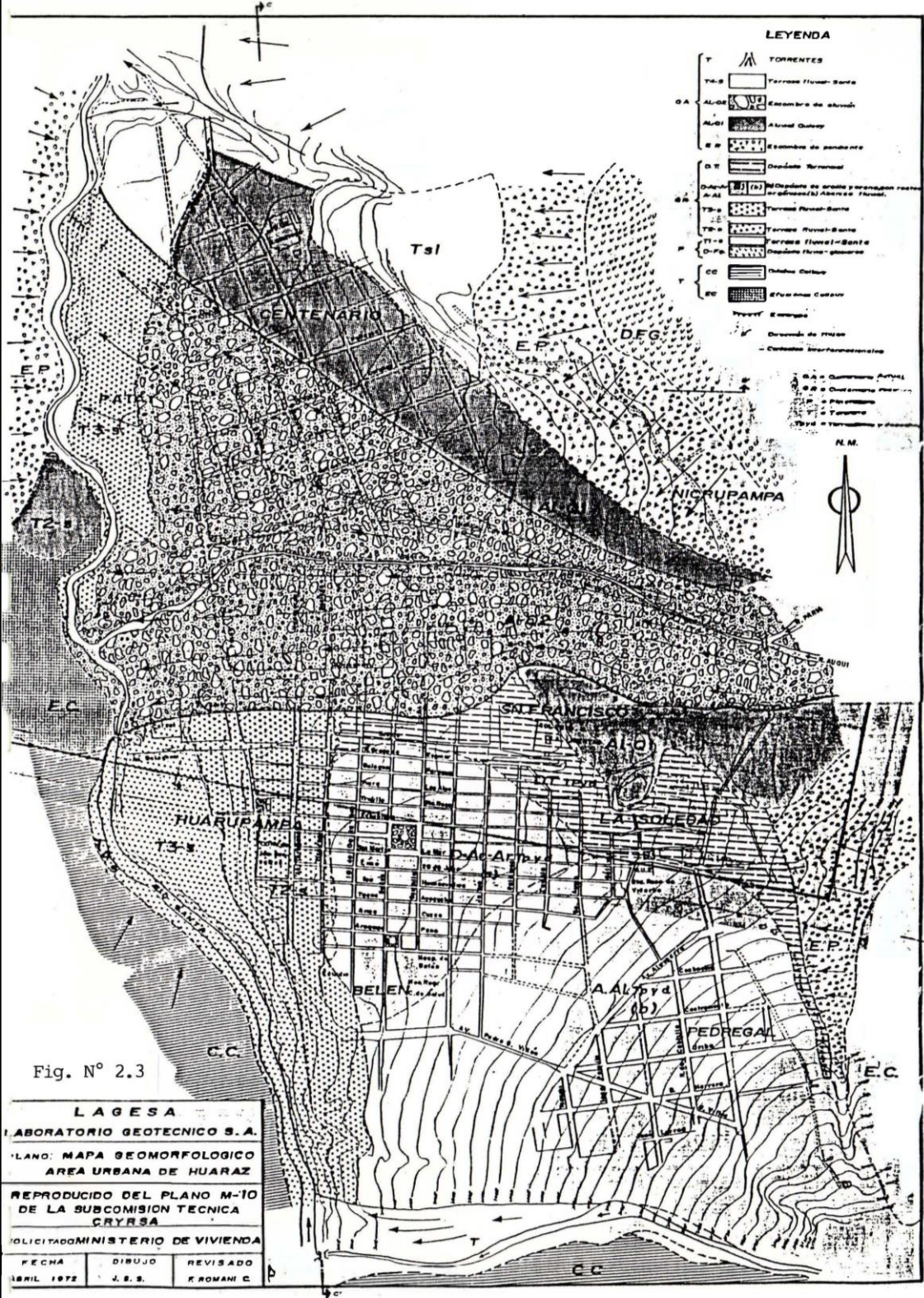


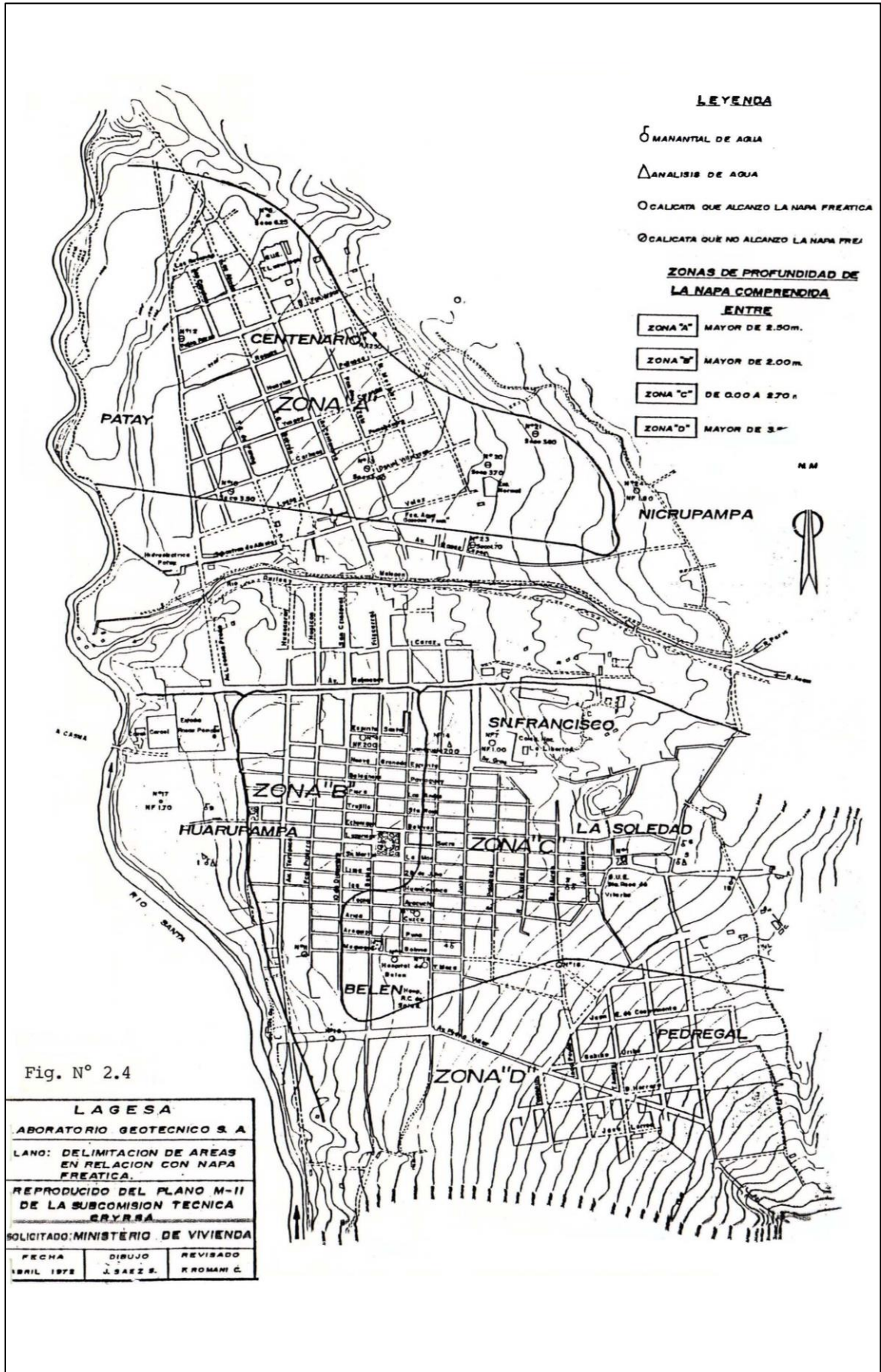
Fig. N° 2.2



LEYENDA

- T TORRENTES
- T-2-S Terraces fluvial-Santa
- AL-DE Escalera de abanico
- AL-DE Aluvial Quince
- E-P Escalera de pendiente
- D-E Dorsales Tormentosa
- D-AL-DE (a) Dorsales de arena y gravilla (b) Aluvial fluvial
- G-R Terraces fluvial-Santa
- T-2-S Terraces fluvial-Santa
- T-2-S Terraces fluvial-Santa
- D-PA Dorsales fluvial-guano
- CC Dorsales Colapso
- EE Estructuras Colapso
- EE Estructuras
- D-PA Dorsales de Pizarra
- Contorno topografico





CAPITULO III

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

3.1 Estudio de Mecánica de Suelos.-

El estudio de las características geotécnicas de los suelos de cimentación, está incluido dentro de la Microzonificación Sísmica de una ciudad, constituyendo una parte muy importante; pues conociendo las propiedades físicas y mecánicas de los suelos se podrá delimitar zonas con comportamientos geotécnicos similares, además se podrá determinar las capacidades portantes para las cimentaciones más usuales de viviendas económicas.

Con esta finalidad se ha recopilado la mayor información posible sobre esta materia, obteniendo estudios realizados por particulares e investigaciones realizadas anteriormente en la ciudad de Huaraz (1986), por el Laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI.

Así mismo se realizó un plan de trabajo que incluye la realización de calicatas para la obtención de muestras disturbadas e inalteradas y ensayo SPT - Cono Holandés en distintas zonas de la ciudad donde era posible ejecutarse.

3.1.1 Estudios realizados en la investigación-CISMID

En la segunda jornada de trabajo se efectuaron perforaciones utilizando el Cono Holandés en el terreno de la UNASAM, en Shancayan.

En la tercera jornada de trabajo se realizaron 6 ensayos de SPT en diferentes lugares de la ciudad, en los cuales era factible la perforación, dadas las características del suelo. En el Anexo I-1 se muestra la ubicación y los perfiles de estos sondajes.

Con el apoyo de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, se lograron realizar 10 calicatas en distintos lugares de la ciudad en la cuarta campaña, de las cuales se obtuvieron muestras disturbadas e inalteradas para su análisis en el laboratorio. Se realizaron ensayos estándar, como son: contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia; y algunos ensayos especiales: triaxial estático y corte directo.

En el Anexo I-2 se presenta la clasificación de los sondajes y calicatas realizadas durante el período de trabajo 1991-1992. Del mismo modo en el Plano P-1 se presenta la ubicación de estas exploraciones.

En el Anexo I-3 se presenta los resultados de los ensayos triaxiales realizados con las muestras inalteradas

3.1.2 Información recopilada de estudios particulares

Se ha recopilado algunos estudios geotécnicos existentes en la ciudad de Huaraz, de los cuales se ha obtenido información valiosa sobre las características geotécnicas del subsuelo.

En el Plano P-1 se indica la ubicación de estos sondajes extraídos de los estudios recopilados. La relación de estos estudios se indica en la sección de Bibliografía y Referencias. Además en el Anexo I-1, se presenta los perfiles estratigráficos de algunos sondajes usados en este estudio.

3.2 Condiciones del subsuelo.-

A consecuencia del sismo del 70 se realizaron estudios gravimétricos en Huaraz con la finalidad de determinar la profundidad del basamento. La ciudad de Huaraz sobreyace a sedimentos recientes, característicos de las ciudades que se ubican en el Callejón de Huaylas.

En la Figura N° 3.1 (Armas, 1972) se presentan las profundidades del basamento rocoso. Las profundidades encontradas son variables desde 0 a 120 m. Las más superficiales corresponden a los sectores de Pedregal, San Francisco y Nicrupampa; en cambio las más profundas corresponden al casco urbano (zona de mayor porcentaje de daños en edificaciones por efectos del sismo).

En términos generales las condiciones del subsuelo que presentaba la ciudad de Huaraz en el momento del sismo fueron muy desfavorables y se pueden resumir en los siguientes:

- Estratos de suelos de gran potencia que amplificaron las ondas sísmicas de la roca base.
- La composición del subsuelo de Huaraz es muy variada, como resultado de diversos procesos geodinámicos que participaron en su formación.
- Presencia muy superficial de la napa freática.
- Debido a su reciente formación el subsuelo de Huaraz se encuentra en estado poco compacto.

Investigaciones realizadas (Ericksen et al 1970) muestran que los daños en las estructuras existentes son claramente relacionadas a fallas en la estructura del subsuelo, ya que en otros lugares cercanos, la muestra de daños es poco variable y aparentemente sin relación a condiciones locales. Por ejemplo, algunos pueblos cercanos de construcción aparentemente similar mostraron solo daños moderados.

3.3 Características del Subsuelo de Huaraz.-

La ciudad de Huaraz se desarrolla sobre depósitos aluviales y fluvio-glaciares, con una napa freática poco profunda, determinando condiciones desfavorables del suelo ante los sismos severos, como fue comprobado con el Sismo del 31 de Mayo de 1970.

Se presenta una síntesis de las características físicas del terreno, en base a la información existente y a los estudios de suelos realizados por LAGESA en 1972, extraída de la Tesis de Abel Ordoñez, 1984.

En base a los perfiles stratigráficos y múltiples perforaciones que se realizaron, confeccionaron el Plano que se muestra en la Figura N° 3.2 referente a los tipos de suelos considerando solo la parte central de la ciudad y hasta el Hotel de Turistas, de acuerdo a ello se presentó:

Tipo de Suelo	Capacidad Soportante en (kg/cm ²)
I	2.0 - 2.5
II	1.5 - 2.0
III	1.0 - 1.5
IV	0.5 - 1.0
V	0.0 - 0.5

3.3.1 Zona Norte

Comprende tres tipos de suelo, que se ubican al Norte del Río Quilcay. En el sector que abarca la Av. Confraternidad Oeste predomina un suelo aluvional, compuesto de trozos de rocas de diversos tamaños, mayormente entre 0.15 y 0.80 m de diámetro, en una matriz de arena o grava limosa

de regular graduación. No existe presencia de humedad superficial; correspondiendo un suelo de tipo I.

En el sector que comprende la Av. Centenario y el Hotel de Turistas, predomina un suelo que se dedicaba anteriormente a cultivos, presentando una capa superficial de tierra vegetal, sobreyaciendo a estratos limo-arenosos en estado seco y de consistencia dura, correspondiendo a un suelo de tipo II.

La presencia de capas poco profundas de arcilla limosa de baja plasticidad en estado duro y compacto, determina el suelo tipo III que se ubica en la parte Este de la Av. Centenario. Existe presencia de humedad superficial en algunos sectores cercanos al Río Quilcay y además restos de vegetación superficial.

En el sector Este, aledaño a zonas de laderas, predominan suelos duros y muy compactos que están en estado consolidado; bolones de rocas esparcidos irregularmente de diversos tamaños se encuentran en matrices limo-arenosas, correspondiendo a suelos tipo I.

3.3.2 Zona Central

En el sector que comprende la Av. Raimondi y el Río Quilcay se presenta un suelo aluvional de características semejantes a las descritas para la Zona Norte, es decir el tipo de suelo I.

En el área comprendida entre las Avenidas Confraternidad Oeste, Raimondi, Gamarra y Villón se presenta un subsuelo de grano fino, constituido por sedimentos resultantes de la deposición de partículas en aguas tranquilas. Existe en muchos sectores humedad superficial que determina la existencia de suelo del tipo III, IV y V.

Una capa de material de escombros de construcción se halla esparcida sobre esta zona, hasta profundidades de 0.30 y 1.20. Capas sucesivas de arena limosas y arcillosas, gravas arcillosas y arcillas limosas, conforman el subsuelo de esta zona. La existencia de materia orgánica es localizada en algunos lugares, así como la presencia de arcillas orgánicas de alta plasticidad, que conforman el suelo del tipo V en el Barrio de Belén y Huarupampa.

3.3.3 Zona Este

El subsuelo del sector comprendido entre la Alameda Grau y la Prolongación de la Av. Raimondi presenta una capa superficial de arena limosa o tierra vegetal con restos de vegetación, sobreyaciendo a estratos sucesivos de arena limosa, limo arcilloso y arcilla arenosa. En los lugares cercanos a laderas presenta inclusiones de rocas en trozos de hasta 0.80 m de tamaño máximo, siendo la distribución de estos trozos de rocas irregular. Se propone suelos de tipo II, III y IV en esta zona por la presencia de humedad superficial proveniente del canal de regadío Tajamar.

En el sector Sur, que comprende los Barrios Soledad Alta, Pedregal y la Av. Confraternidad Sur, se encuentra un perfil estratigráfico constituido de gravas de diversa graduación, empacadas en una matriz de arena limo-arcillosa, estratos húmedos de mediana compacidad y regular grado de cementación.

Generalmente se encuentra restos orgánicos superficiales y bolones de piedras. Los suelos gravosos de buena y pobre granulometría determinan dos tipos diferentes de suelos: I y II, en este sector.

3.4 Instalación de Piezómetros.-

3.4.1 Generalidades

La instalación de piezómetros en la ciudad de Huaraz ha sido considerada en el proyecto con la finalidad de evaluar periódicamente la variación del nivel freático en las diferentes estaciones del año.

Los piezómetros seleccionados para una instalación en particular, deberían ser confiables, fáciles de leer, resistentes y capaces de permanecer operando sobre un período largo de tiempo. Los piezómetros deberían también ser sensibles, fáciles de instalar, económicos; ningún piezómetro simple reúne todas estas condiciones, pero algunos reúnen estos requerimientos en mayor o menor grado.

Para este trabajo de investigación escogimos el Piezómetro de Casagrande, ya que a nuestro criterio reúne buenas condiciones para nuestro trabajo. La instalación de los piezómetros se ha efectuado tomando como referencia el plano de Armas (1972) colocandolos en las zonas en donde el nivel freático varía entre 0 - 1.5 y 1.5 - 3.00.

3.4.2 Número de ubicación de piezómetros

Se han instalado en la cuarta campaña 8 piezómetros de los 10 programados debido a la dificultad de perforación que presentaba el suelo aluvional. Estos han sido distribuidos en toda la ciudad, en la Tabla N° 3.1 se presenta la ubicación y profundidad de los piezómetros.

3.4.3 Consideraciones generales acerca de la instalación y mantenimiento de piezómetros

Los procedimientos de instalación de los piezómetros varían de acuerdo a las condiciones ambientales en los cuales fueron instalados. En los suelos impermeables siempre es conveniente obtener una muestra inalterada del suelo al nivel donde estará colocado la punta del piezómetro para realizar ensayos de clasificación y determinación del contenido de humedad, dureza, permeabilidad y características de consolidación. En el caso de los suelos permeables, se deberá obtener una muestra del suelo del nivel en el cual será colocada la sonda porosa, para obtener un análisis granulométrico de la muestra, que ayudará a determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo.

3.4.4 Clasificación de piezómetros

Existe una amplia gama de piezómetros los cuales están clasificados según su uso, según el método de operación, o según el método en que registran las lecturas.

En los piezómetros abiertos revestidos, se debe tener un especial cuidado en las juntas del entubado, pues podrían producirse fluctuaciones en el nivel freático.

Una desventaja particular de los pozos de observación es que pueden existir niveles freáticos atrapados y/o condiciones de presión artesiana en un estrato específico de suelo, los que pueden estar interconectados a la perforación; esto significa que el nivel de agua representaría la carga promedio existente sobre el fondo del pozo, la cual puede ser de poca significancia y conduciría a conclusiones erróneas.

En los piezómetros hidráulicos cerrados se suele incorporar un segundo tubo con la finalidad de hacer circular agua y poder desairear el sistema, para lo cual se requiere disponer de agua desaireada, bombas

de impulsión y vacío, y un tablero con llaves y conexiones. Los piezómetros hidráulicos cerrados pueden ser utilizados para llevar a cabo ensayos de fractura hidráulica in situ y ensayos de permeabilidad.

En los piezómetros de diafragma la calibración inicial del sistema debe ser válida durante todo el período de funcionamiento previsto, ya que no habrá ocasión de poderla llevar a cabo nuevamente.

En algunos modelos de piezómetros de transductor, los registros pueden dar una indicación de la estratigrafía y densidad del suelo, así como las características de consolidación y permeabilidad, y una medida del equilibrio de la presión de poros.

En la Tabla N° 3.2, se ha resumido las ventajas y desventajas de diversos tipos de piezómetros, para de esta manera poder visualizar en forma conjunta las características que definirán la conveniencia o inconveniencia de optar por un modelo u otro.

3.4.5. Piezómetro tipo Casagrande.-

Dentro de la clasificación de piezómetros abiertos, el piezómetro tipo Casagrande, es el más sencillo y barato de los piezómetros con puntas porosas. La piedra porosa es en forma de cilindro hueco, cerrado en sus extremos por dos tapones de goma o neopreno; del tapón superior perforado sale la tubería generalmente de P.V.C., por donde se eleva el agua hasta la altura manométrica correspondiente a la presión de la misma en la punta del piezómetro. Esta medición se realiza desde el extremo superior de la tubería mediante una sonda eléctrica de pequeño diámetro.

Una ventaja del piezómetro tipo Casagrande es que no posee piezas metálicas, lo cual impide que se produzcan reacciones electrolíticas que dan lugar a la aparición de gases en el sistema; pero también tiene inconvenientes, como el de no ser de respuesta rápida. En este caso la rapidez está ligada directamente al diámetro de la tubería, a igualdad de otras variables, teniendo ésta que dejar pasar la sonda de medida por su interior. Las sondas más pequeñas suelen tener de 6 a 7 mm de diámetro, por lo que el diámetro mínimo del tubo tiene que ser de 10 mm en el caso más favorable: tubo recto vertical en altura no mayor de 20 m. En condiciones menos favorables se deben utilizar tubos de 15 e incluso 20 mm de diámetro interior, con la inevitable pérdida de rapidez en la respuesta (ver Figura N° 3.3).

3.5 Conclusiones

- Los daños ocasionados por el sismo del 31 de Mayo de 1970 en la ciudad de Huaraz han puesto en evidencia la importancia del conocimiento de las características geotécnicas de los suelos de cimentación.
- Después de esta fecha, en la ciudad de Huaraz se han llevado a cabo una serie de investigaciones y estudios de Mecánica de Suelos, llegándose incluso a plantear una Zonificación Geotécnica de esta ciudad.
- En la presente investigación se han realizado una serie de exploraciones y ensayos complementarios que permitirán delimitar mejor las zonas propuestas y conocer los parámetros de resistencia cortante de estos suelos.
- Con el presente trabajo se ha iniciado el monitoreo de la napa freática, a través de la instalación de piezómetros. El registro y evaluación de esta información permitirá conocer la variación del nivel freático y su influencia en los suelos de cimentación.

TABLA N° 3.1
UBICACION Y PROFUNDIDAD DE PIEZOMETROS INSTALADOS
EN LA CIUDAD DE HUARAZ

Piezómetro N°	Ubicación	Profundidad del Piezómetro (m)	Profundidad del Nivel Freático (m)
1	Frente a la Iglesia Belén en la Plaza Belén	3.12	1.90
2	Plaza de Armas	2.98	2.70
3	Parque Villa FAP - La Soledad	3.08	1.40
4	Centro Educativo N° - La Soledad	5.33	4.80
5	Costado de la antena de Radio Huascarán-Rosapampa	2.45	1.90
6	Local de la UNASAM-Shancayán	2.10	0.90
7	Urbanización del IPSS-Costado de la Cruz Roja-Vichay	2.04	1.57
8	A 42.8 m de la Av. Principal a Monterrey-Palmira	1.40	0.95

TABLA N° 3.2
VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS DIVERSOS TIPOS DE PIEZOMETROS

TIPO	VENTAJAS	LIMITACIONES
POZOS DE OBSERVACION	Sencillo, barato, fácil de leer, puede fabricarse in situ.	No es de rápida respuesta, no registra presiones negativas, problemas de congelamiento, no es aplicable en zonas de agua artesiana.
PIEZOMETRO TIPO CASAGRANDE	Sencillo, barato, deseable ya que generalmente no usa partes metálicas, fáciles de leer.	Respuesta lenta, no registra presiones negativas, problemas de congelamiento, puede dañarse por el equipo de construcción. No puede ser usado si el nivel piezométrico está sobre el extremo superior del piezómetro. El agua turbia puede ocasionar bloqueo.
PIEZOMETRO HIDRAULICO CERRADO	Sencillo, es posible obtener registros automáticos, menor tiempo de respuesta y menos propensos que el piezómetro Casagrande a daños; relativamente barato, puede ser usado en ensayos de fractura hidráulica y de permeabilidad	Problemas de congelamiento, los anticongelantes pueden crear presión osmótica; requiere periódicas desaireaciones, el nivel piezométrico no debe estar muy por encima del extremo superior de la tubería.
PIEZOMETRO NEUMATICO	Estable durante largos periodos; fácil de leer, corto tiempo de respuesta, mínima interferencia en la construcción. Son independientes los niveles de los tubos, el aparato no requiere de líneas de desaireación, fácil de instalar	Más caro que los tipos anteriores, debe usarse gas seco, no está probada su durabilidad más allá de 10 años.
PIEZOMETRO HIDRAULICO DE DIAFRAGMA	Innecesaria una consola de medición muy elaborada, estable durante largos periodos, fácil de instalar.	Requiere de un sistema de control periódico de desaireación, las pérdidas de presión en las tuberías pueden afectar las lecturas. Para bajas presiones, la consola de medición debe estar al mismo nivel o por debajo de la punta piezométrica.
PIEZOMETRO DE CUERDA VIBRANTE	Fácil de leer, puede registrar presiones negativas, corto tiempo de respuesta; mínima interferencia en la construcción; los niveles de los cables y la unidad de lectura son independientes del nivel de la punta, puede registrar automáticamente, no hay problemas de congelamiento.	Requiere correcciones por temperatura, alto costo del equipo, pueden surgir errores debido a la dispersión del cero, no son recomendables para lecturas dinámicas.
PIEZOMETRO ELECTRICO DE RESISTENCIA	Pueden hacerse también mediciones de temperatura, rápida respuesta a los cambios de presión, alta sensibilidad recomendable para lecturas automáticas. El nivel de la unidad de registro es independiente del nivel de la punta piezométrica.	Bastante costoso, la señal de transmisión se puede ver afectada en distancias largas; requiere correcciones por temperatura y debe ser mantenido constantemente desaireado.
PIEZOMETRO ELECTRICO DE TRANSDUCTOR	Rápida respuesta a los cambios de presión, alta sensibilidad, recomendable para lecturas automáticas, muy pequeña dispersión del cero, puede efectuar lecturas dinámicas; mide presiones negativas, no hay problema de congelamiento, los niveles de la unidad de registro y de la punta piezométrica son independientes. Algunos modelos dan indicaciones de la estratigrafía y la consolidación.	Bastante costoso, la señal de transmisión se puede ver afectada en distancias largas; requiere correcciones por temperatura y debe ser mantenido constantemente desaireado.

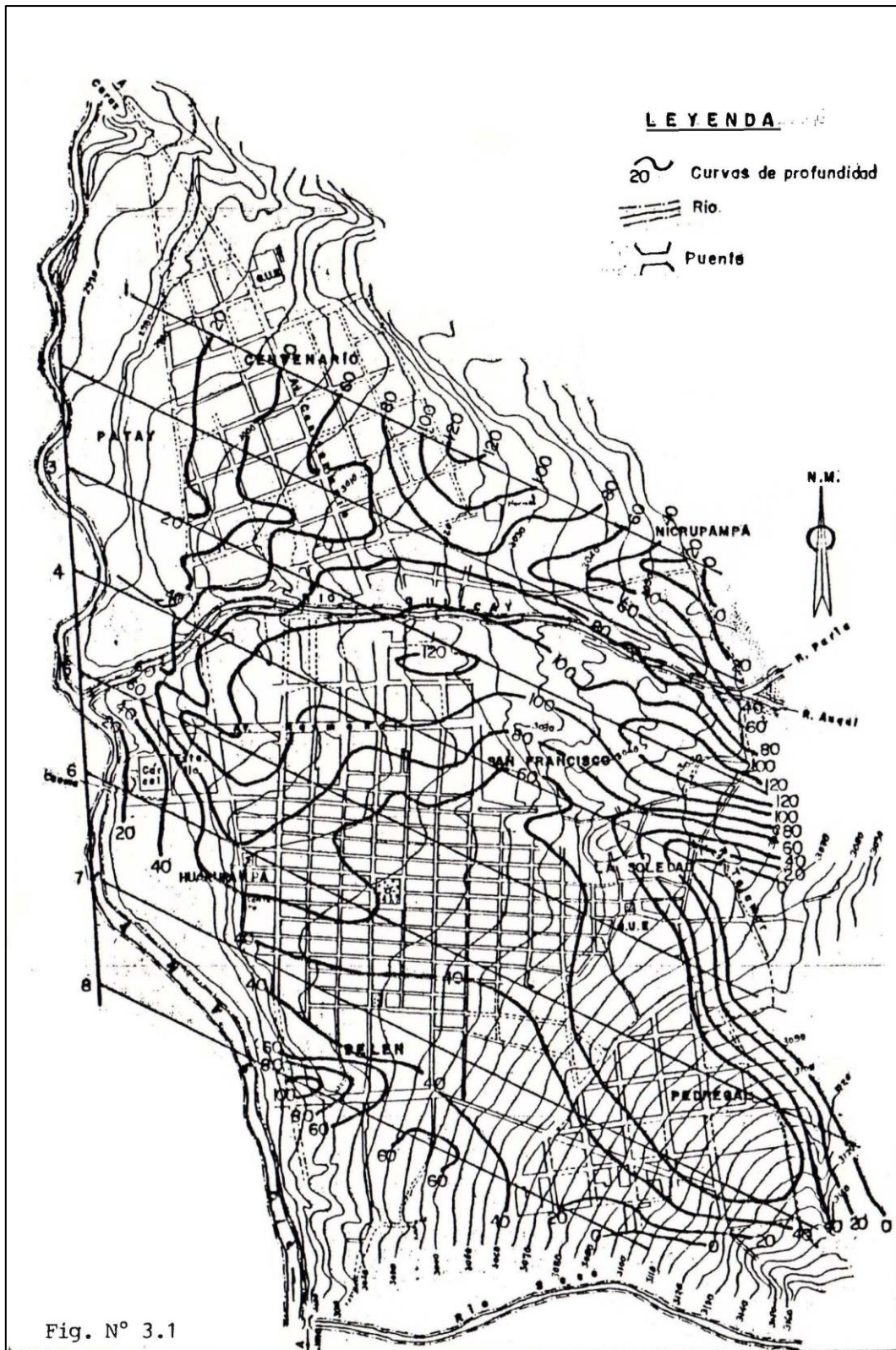
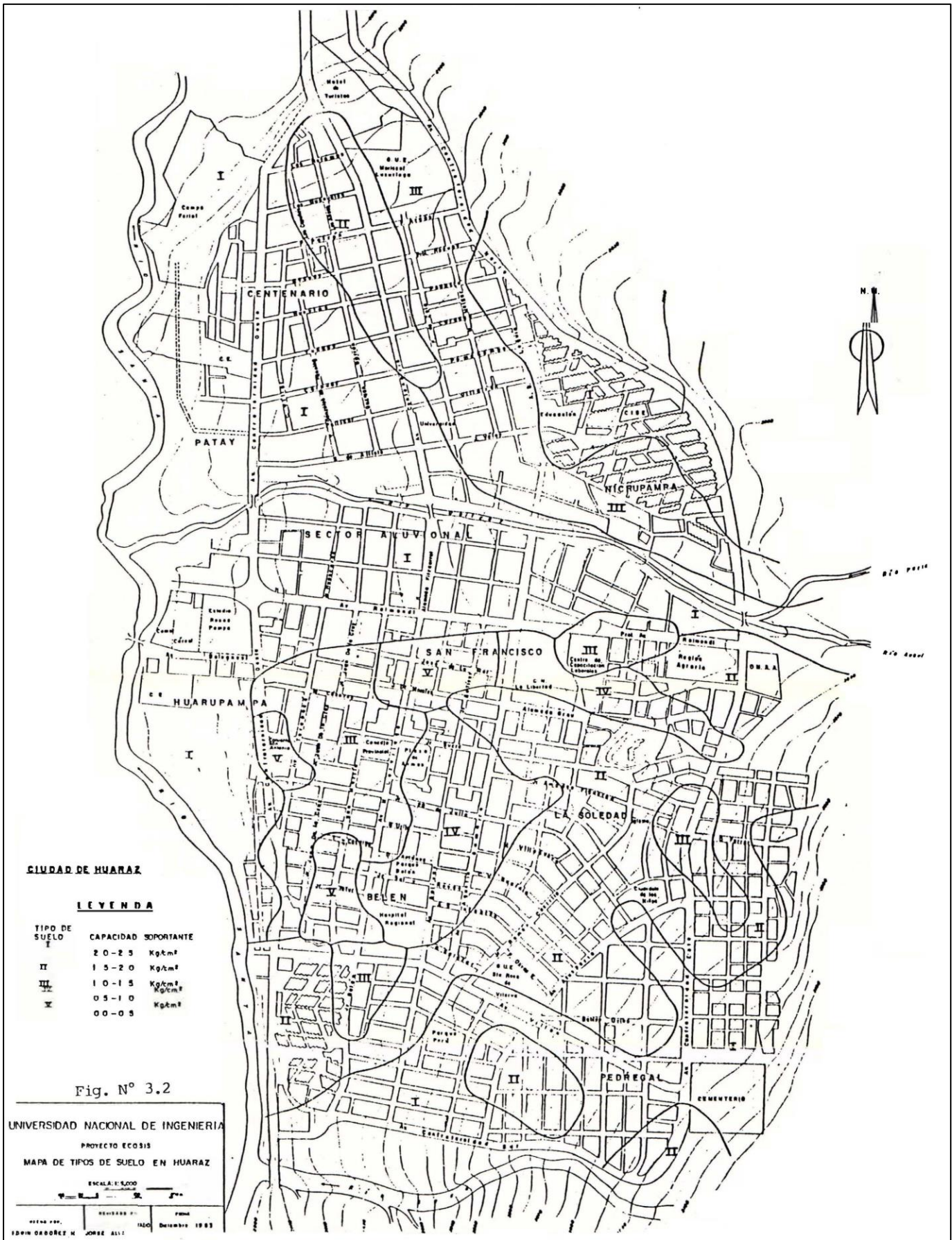


Fig. N° 3.1

INSTIT. SUB COMISION TECNICA "C.N.Y.R.Z.A."		CIRILO GRIMALDO ARMAS AGUIRRE TESIS DE GRADO	
INSTIT. O.I.G. "C.N.Y.R.Z.A."		PROFUNDIDADES DEL BASAMENTO ROCOSO	
DEPTO. ANCASH	ESC. 1/10,000	PLANO N° 1	
PROV. HUARAZ	FECHA. NOV. 1972	6	



POZO DE OBSERVACION
(Dunncliff, 1982)

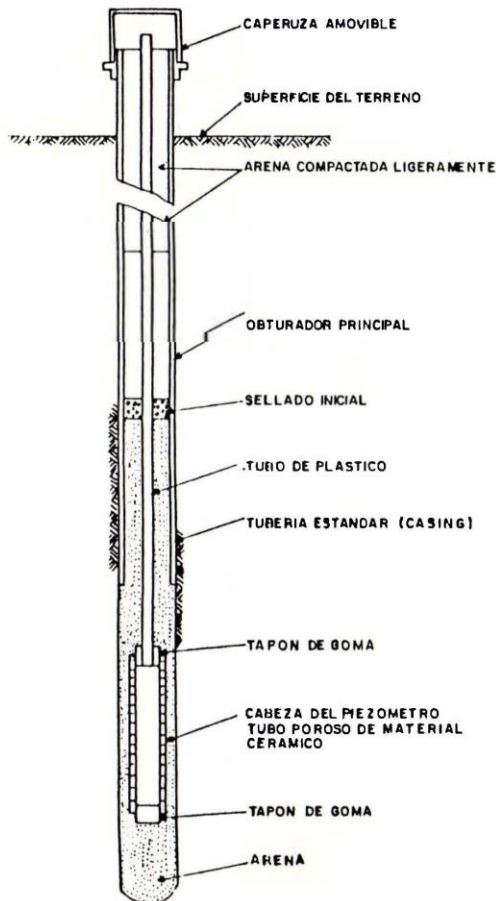
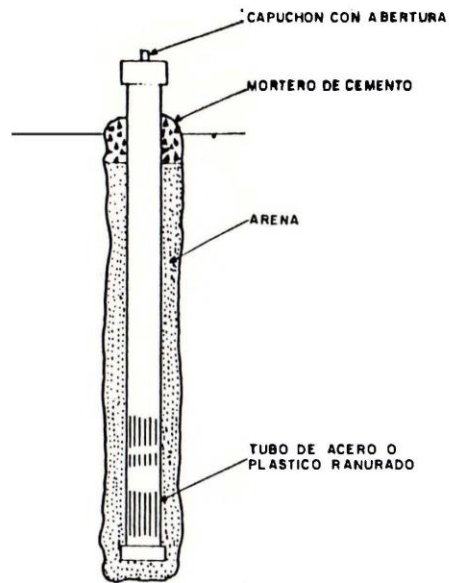


Fig. N° 3.3 PIEZOMETRO DE CASAGRANDE
(Lambe y Whitman, 1969)

CAPITULO IV

MEDICIONES DE MICROTREPIDACIONES

4.1 Antecedentes.-

En la Dinámica de Suelos, el estudio de medición de microtrepidaciones constituye una de las formas rápidas, efectivas y económicas de evaluar los parámetros dinámicos del terreno. Este tipo de investigaciones se viene llevando a cabo en varios países desde hace 30 años, siendo en el Japón, donde Kanai et al (1954) utilizaron este método para clasificar el suelo en cuatro categorías, clasificación adoptada por el reglamento sismo-resistente del Japón.

En el Perú se viene utilizando la técnica de microtrepidaciones desde hace aproximadamente 20 años, iniciándose este estudio en Chimbote y Huaraz en los años 1972 y 1973.

En el CISMID en estos últimos años se viene realizando estudios de medición de microtrepidaciones en varias ciudades del país desde el año 1986 en las siguientes ciudades: Chimbote, Huaraz (zona del presente trabajo), La Molina, Lima, Tacna, Cusco, Majes, La Punta-Callao, Arequipa, Rioja, Moyobamba y Soritor, y recientemente (1992) Chorrillos-Barranco.

Otro método de evaluar los parámetros dinámicos del suelo es mediante el estudio de amplificación dinámica, en el que es necesario hacer un modelamiento del suelo en base a sus características geotécnicas y luego hacer filtrar por este sismo real o artificial a partir de la roca base. Generalmente estos estudios se efectúan a manera de comprobación de las mediciones de microtrepidaciones, necesitando para ello un sondaje profundo de por lo menos 30 m, que sea confiable, lo cual es difícil para fines de investigación por su alto costo y el tipo de suelo aluvional como en el caso de Huaraz.

4.2 Generalidades sobre microtrepidaciones.-

El material que constituye la tierra se encuentra vibrando constantemente en todas direcciones. Un instrumento suficientemente sensible puede detectar estos continuos movimientos de microtrepidaciones. Se define entonces como microtrepidación a la vibración natural del terreno con un período que varía entre 0.05 a 2 seg. y con una amplitud de 0.1 a 1 micrón. Las microtrepidaciones se originan por causas naturales y artificiales; las causas naturales son condiciones volcánicas, ondas oceánicas y condiciones atmosféricas; mientras que las artificiales son el tráfico, las maquinarias industriales, etc. (ver Figura N° 4.1).

En la Figura N° 4.2 se muestran los registros de microtrepidaciones en varios tipos de suelos con su correspondiente curva de distribución de frecuencias.

4.2.1 Descripción del equipo empleado. -

Comúnmente el equipo utilizado (ver Figura N° 4.3) en la medición de microtrepidaciones consta de lo siguiente:

- a) Sensores.- Se utilizan 3 sensores: 2 horizontales y 1 vertical, dispuestos ortogonalmente entre sí.
- b) Amplificador.- Dado que las amplitudes de las microtrepidaciones son muy pequeñas, es necesario utilizar un amplificador que normalmente incluye circuitos de integración y diferenciación.

- c) Registro de Información.- Las vibraciones medidas se graban en una cinta magnética para luego ser procesadas directamente en la computadora analógica.
- d) Monitor de Registros.- Se utiliza un oscilógrafo para verificar la forma de la onda de microtrepidaciones durante la medición, y evitar así la grabación de perturbaciones o interferencias.
- e) Analizador Analógico FFT.- Es una computadora analógica para efectuar el Análisis de Fourier de la onda grabada, graficar el registro medido, calcular y graficar el Espectro de Fourier, proporcionando también la frecuencia predominante de la onda.

Tokeshi (1990) describe en detalle las características de los equipos disponibles en el Laboratorio Geotécnico del CISMID, que fueron utilizados en las mediciones realizadas en la ciudad de Huaraz.

4.2.2 Procedimiento de la Medición.-

En las mediciones se registran los desplazamientos en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí y una vertical. Antes de proceder con la medición se realiza la calibración del aparato, grabando la señal de calibración; posteriormente se graban analógicamente las ondas de microtrepidaciones en cassette durante la medición y simultáneamente se grafican las ondas de un oscilógrafo. La medición en cada punto se realizó durante lapsos de 3 a 7 minutos, para luego seleccionar en el gabinete la parte de dicha grabación que representa mejor la onda de microvibración natural del punto medido y que presenta menor interferencia o "ruido".

4.2.3 Determinación del Período Predominante por Microtrepidaciones.-

La Figura N° 4.4 presenta un resumen del procedimiento utilizado para determinar el período predominante del suelo en base a la medición de microtrepidaciones.

La onda medida en el campo es visualizada en el gabinete, con el objeto de definir la parte representativa de la misma a ser analizada. Se utilizó el analizador analógico digital de ondas (FFT Analysing Scope TEAC F-3000), con el cual se efectuó el análisis de Fourier, procedimiento más sencillo y confiable, en comparación con el análisis de la curva de distribución de períodos que se utilizaba en el pasado (Chávez 1983; Armas 1972). El período predominante en un punto es calculado promediando los valores de períodos predominantes de las dos componentes horizontales registradas en dicho punto. No se considera el valor correspondiente a la componente vertical.

Los valores medidos del período predominante del suelo por microtrepidaciones se verifican con el análisis de amplificación sísmica unidimensional a deformaciones pequeñas. Para realizar este análisis se necesita información sobre los perfiles estratigráficos, modelando al subsuelo como un sistema de masa continua. El período predominante, determinado mediante el análisis indicado, coincide en la mayoría de casos con el período predominante obtenido del ensayo de microtrepidaciones (Alva Hurtado et al 1986).

4.3 Medición de Microtrepidaciones en la ciudad de Huaraz.-

En la ciudad de Huaraz se han realizado 147 puntos de medición de microtrepidaciones, distribuidos más o menos uniformemente en todo el área urbana. Una programación inicial del trabajo contemplaba la realización de 250 puntos, pero debido al difícil acceso en algunas zonas de la ciudad no se ha podido lograr el objetivo. Sin embargo, cerca a dichas áreas se han tomado algunos puntos, siendo estas zonas actualmente campos de

cultivo. De igual manera se han tomado puntos en zonas marginales y áreas de expansión tales como: Bellavista, Nueva Florida, Los Olivos.

Anteriormente (Alva J., Martínez J., 1986) se realizaron mediciones en la zona Central de la ciudad de Huaraz.

Los trabajos de campo de este proyecto fueron realizados en 3 campañas de mediciones, las mismas que fueron patrocinadas por la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), la Municipalidad de Huaraz y por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

La primera campaña fue llevada a cabo del 13 al 15 de Junio de 1991, se realizaron 35 puntos. En la segunda campaña, del 21 al 31 de Noviembre de 1991, se realizaron 55 puntos de medición de microtrepidaciones. La tercera campaña se llevó a cabo del 11 al 16 de Enero de 1992, se realizaron 62 puntos de medición, de los cuales 16 fueron de verificación de la campaña anterior. Los intervalos entre campañas sirvieron para ir evaluando los resultados, ésto con el propósito de densificar la red en las zonas necesarias.

De igual manera se han realizado algunas mediciones en la ciudad de Caraz, Carhuaz y en la antigua ciudad de Yungay, cuyos valores varían entre 0.14 y 0.30 seg.

El programa de medición se inició en lugares abiertos que ofrecieran menor perturbación de vehículos y peatones, tales como parques, campos deportivos, etc., colocando los sensores sobre terreno natural firme. Sin embargo en algunos lugares esta medición se ha realizado colocando los sensores sobre el pavimento. Se han realizado algunas mediciones en lugares importantes como la Universidad, la Corde Ancash, en la Plaza de Armas, a pesar el tráfico peatonal.

Merece especial mención la medición tomada en la caseta del acelerógrafo del CISMID instalado en la UNASAM.

Así mismo se tomaron algunas mediciones referenciales en las ciudades de Yungay, (la antigua ciudad) que como se sabe fue sepultada por varios metros de material aluvional, de igual forma se tomaron algunos puntos en Caraz y Carhuaz.

Se tomó la precaución de anotar las perturbaciones causadas por el viento, tráfico vehicular, ruido de motores, etc., cuya actividad muy próxima producen vibraciones que exceden de rango preestablecido.

El registro de las microtrepidaciones se grabó en la forma de desplazamientos en tres componentes: Norte-Sur, Este-Oeste y Vertical.

El procedimiento para tomar las mediciones fue el siguiente:

- a) Se ubicó, con la ayuda de un plano a escala 1/10,000, los lugares que presentaran la apariencia de no estar sometidos a tráfico intenso, ni estar cerca de industrias o cámaras de bombeo.
- b) La elección anterior se verificó en el campo y se procuró aislar el lugar de paso de personas.
- c) Se despejó un área de aproximadamente 1 m² de terreno natural, eliminando el material suelto superficial, césped o piedras. En varios casos, al no contar con un suelo suficientemente firme, o en ausencia completa de terreno natural, los sensores fueron instalados sobre veredas o sobre el pavimento.
- d) Colocados los sensores sobre la superficie escogida, se orientó su posición con la ayuda de una brújula, de tal manera que un sensor horizontal quedase alineado en la dirección Norte-Sur y el otro sensor

horizontal en la dirección Este-Oeste. El sensor vertical no necesita orientación particular.

- e) Se nivelaron los sensores, observando el nivel de burbuja con que cada sensor cuenta en la cubierta, de tal manera que solamente asomara el filo de la bobina de cobre del péndulo, para garantizar su perpendicularidad.
- f) En caso de notarse corrientes de viento, se cubrió los sensores con una caja de cartón, tratando de producir tensión en los cables de conexión con el amplificador.
- g) Con la ayuda del oscilador gráfico se observó la forma de onda, y de no presentar mayores perturbaciones, se procedió a grabar.
- h) Si la onda fue alterada por una fuente extraña momentánea, esta se consignó en la grabación en forma oral; si la perturbación tuvo una duración prolongada, la medición fue repetida.

En la Tabla N° 4.1 se muestra un resumen de los puntos de medición de microtrepidaciones, en el que se indica la ubicación del punto, la fecha de medición y los períodos predominantes obtenidos para cada componente. Además, en el Anexo II se presentan las fichas de medición de microtrepidaciones. En estas se indican la ubicación del punto, las condiciones de medición, la duración de la grabación y la duración del segmento procesado; así mismo, se muestra un croquis de ubicación y los espectros de frecuencias promedios con un segmento de onda representativos de cada componente.

4.4 Curvas Isoperíodo y Zonas Características

Las curvas isoperíodo son curvas que unen puntos de la tierra en un área determinada que tienen un igual período predominante de vibración superficial.

En el Plano P-2 se presenta el área estudiada con las curvas isoperíodo de microtrepidaciones cada 0.05 seg.

Estas curvas fueron trazadas interpolando los puntos con valor conocido de período predominante del suelo. De este plano desprenden las siguientes observaciones:

- En la zona central de Huaraz los valores del período varían entre 0.30 seg y 0.35 seg, abarcando la zona de Belén, San Francisco y Huarupampa, hacia la zona de la Soledad y Villón el período va siendo creciente hasta 0.40 seg, lo cual es coincidente con el tipo de suelo existente en las zonas respectivas.
- En la margen derecha e izquierda del río Quilcay el período varía entre 0.15 seg y 0.25 seg.
- En la margen derecha del río Santa el período varía a lo largo de la ciudad entre 0.30 seg y 0.45 seg.
- Entre la zona de Shancayan y Quinuacocha el período varía entre 0.25 seg y 0.35 seg.
- En la zona de Vichay el período varía entre 0.25 seg y 0.35 seg, incrementándose hacia la zona de Palmira y Acovichay hasta un período de 0.45 seg.

El período promedio es de 0.50 seg para la zona de Monterrey.

- El período máximo horizontal medido es de 0.57 seg frente al Hotel de Turistas y el mínimo período horizontal es de 0.11 seg en la intersección del Jr. Sebastián de Aliste y la Av. Internacional Oeste.

- Los valores de período predominante obtenido de las mediciones de microtrepidaciones en la zona de Los Olivos no se han considerado para trazar las curvas isoperíodo, por proporcionar valores muy variados de período, necesitando una revisión posterior, sin embargo se puede observar un período promedio de 0.35 seg.

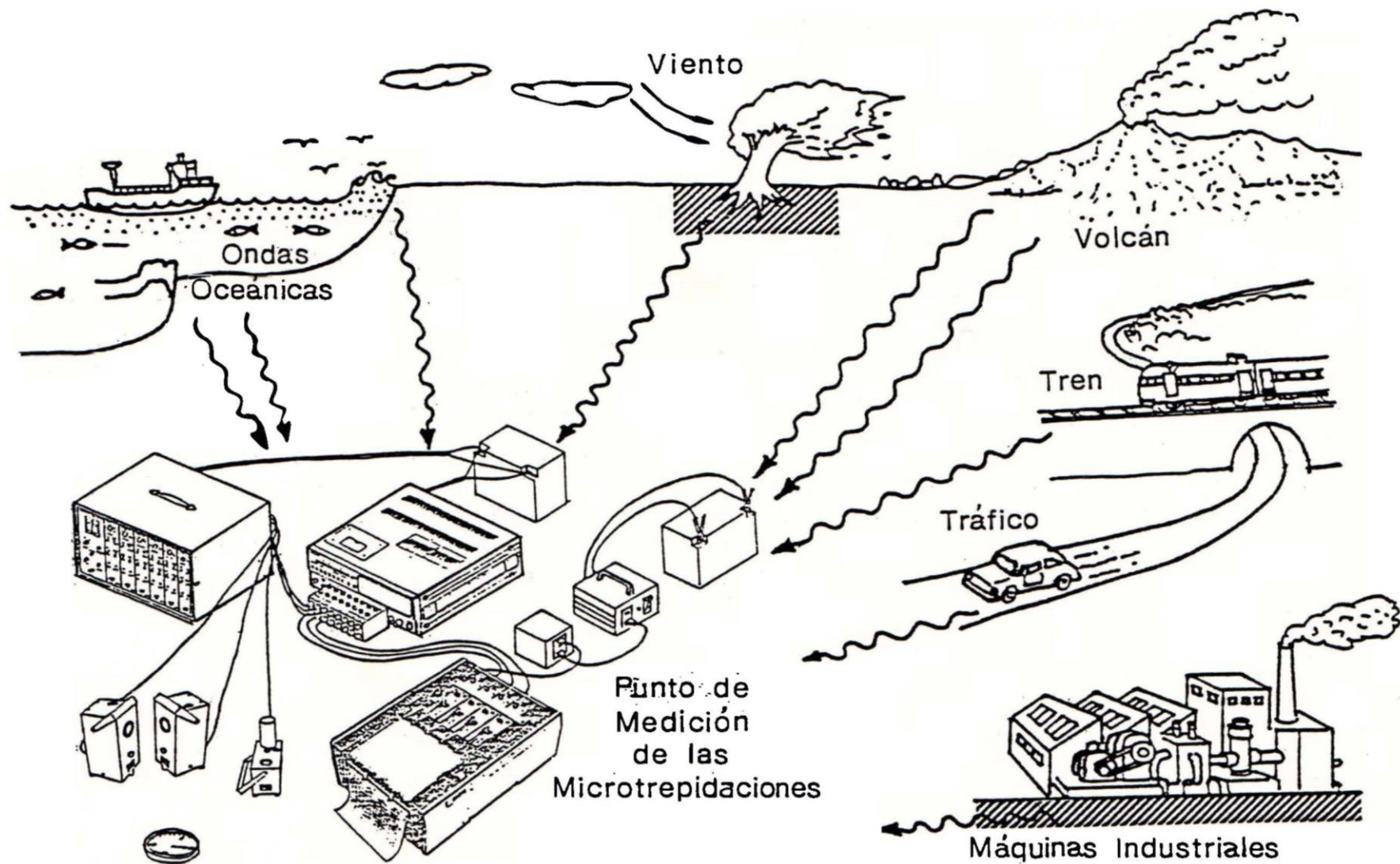


Fig. N° 4.1 Fuentes originarias de las ondas de microtrepidaciones

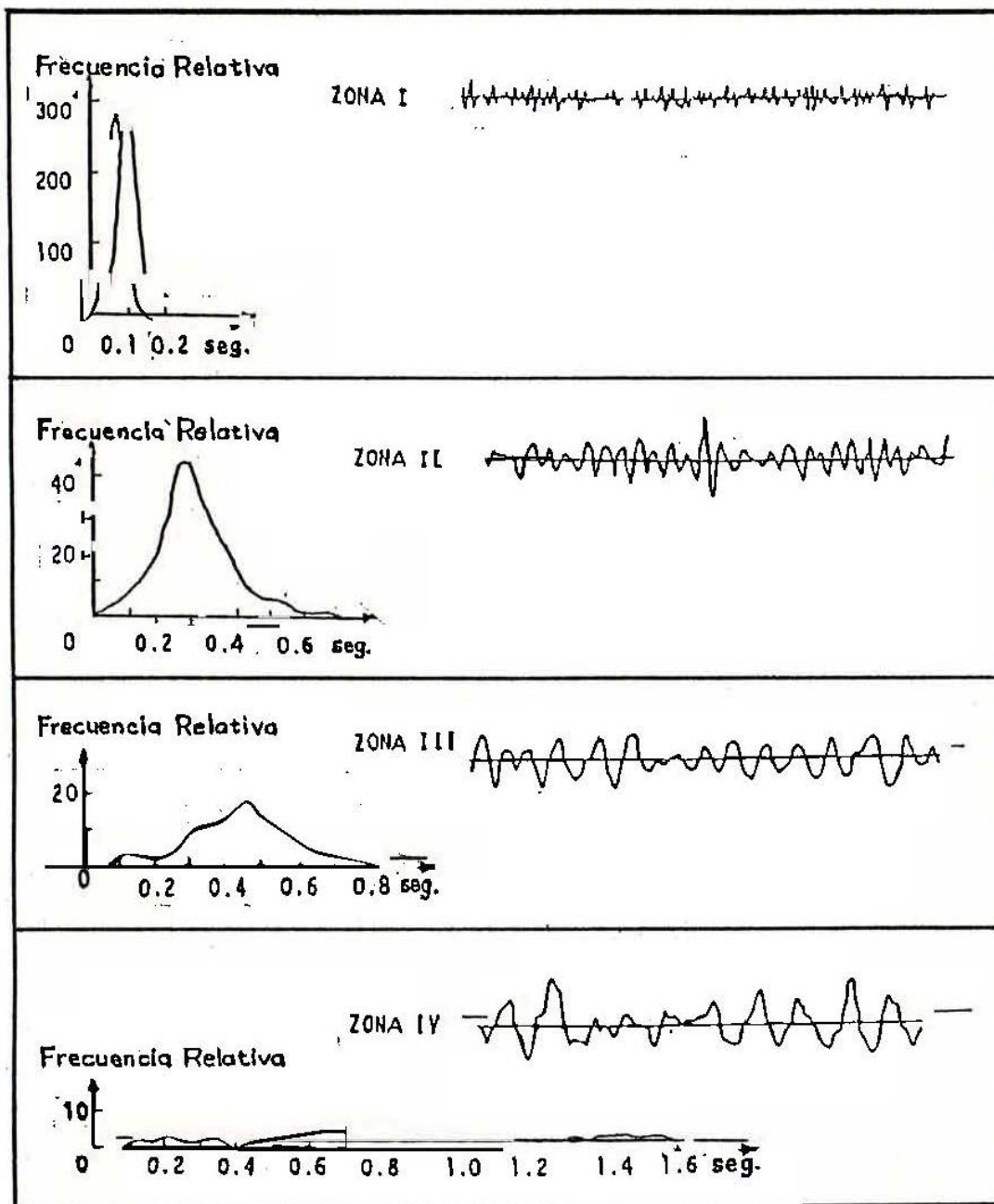


Fig. N° 4.2 Curvas distribución de períodos vs. frecuencia relativa y registros representativos de microtrepidaciones observa dos en varios tipos de terreno.

(Kanai y Tanaja, 1961)

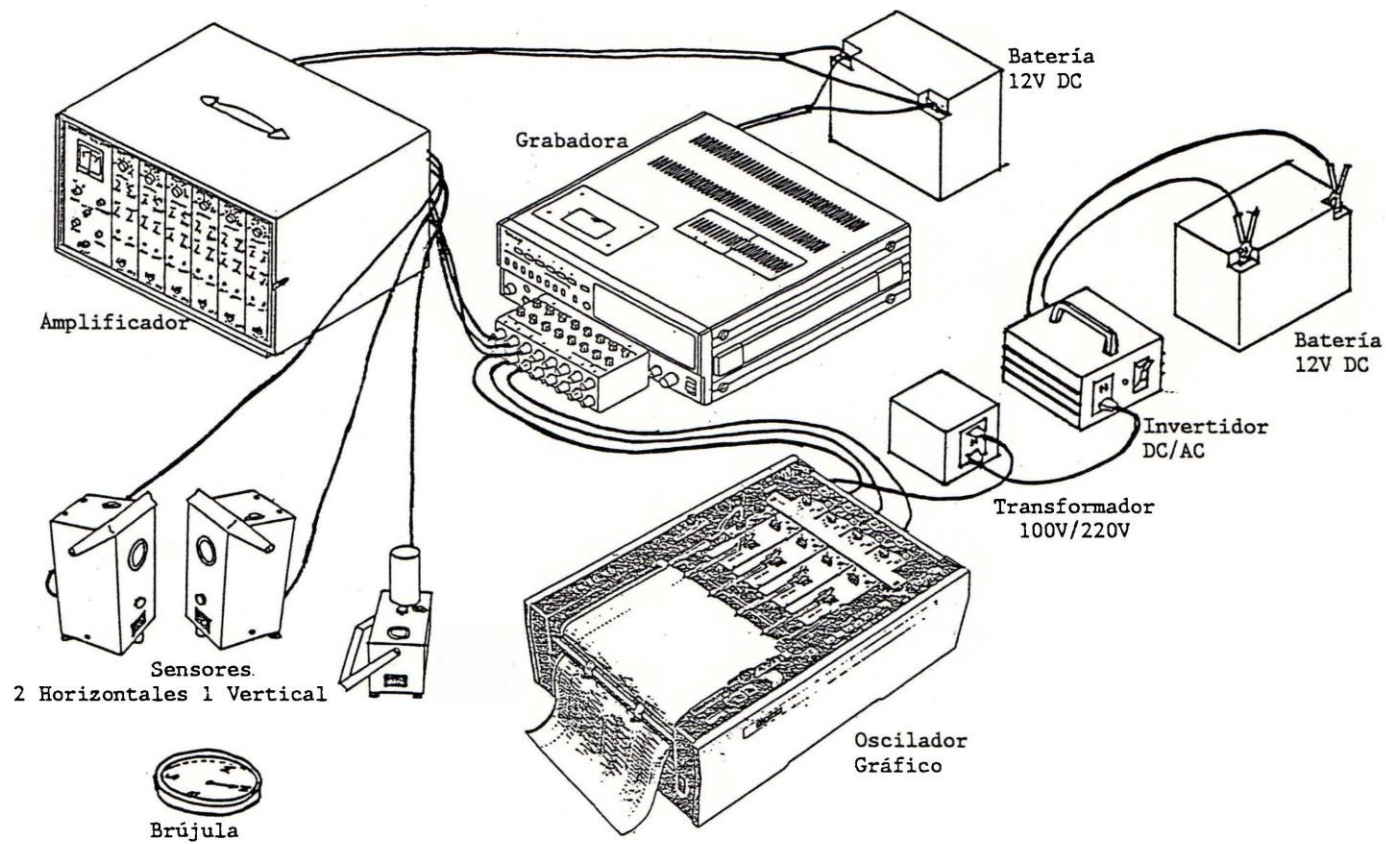


Fig. N° 4.3 Configuración en campo del "EQUIPO MICROTREMOR N°3"

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL PERIODO
PREDOMINANTE POR MICROTREPIDACIONES

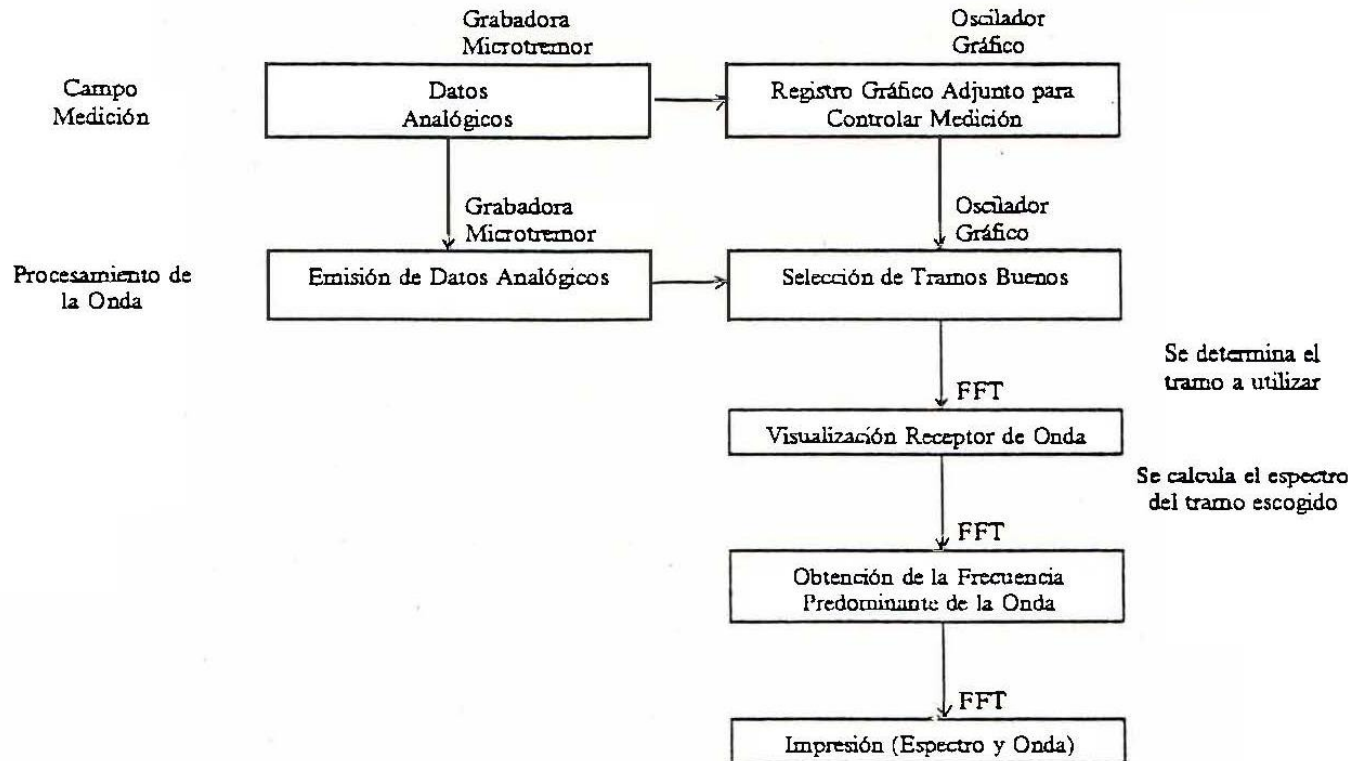


Fig. N° 4.4

CAPITULO V

SISMICIDAD Y PELIGRO SISMICO DE LA CIUDAD DE HUARAZ

5.1 Introducción

La ciudad de Huaraz ha sido afectada por eventos sísmicos de gran magnitud, quedando muchas veces seriamente afectada. A raíz del sismo del 31 de mayo de 1970, donde el Callejón de Huaylas fue el área más afectada, se han realizado una serie de estudios de investigación en los cuales se han evaluado la sismicidad y el peligro sísmico de la ciudad de Huaraz (Ordóñez A., 1983; Arévalo E., 1984).

En el presente trabajo se realiza una revisión de estos estudios, en base al catálogo SISRA actualizado en el CISMID hasta el año 1989 y con los nuevos parámetros de recurrencia obtenidos de estos datos.

5.2 Historia Sísmica del Area de Influencia.-

Del análisis histórico general se puede deducir que los sismos más importantes y que hubieran afectado en diverso grado la zona, son aquellos que se han producido en la costa. Dentro de los eventos producidos antes del presente siglo, sólo se han encontrado 6 sismos con influencia en esta zona y durante este siglo son 17 los sismos que han ocurrido en el área de estudio.

En el Anexo III se presenta una descripción resumida de los sismos que han ocurrido en el área de influencia de la ciudad. Este Anexo está basado fundamentalmente en el trabajo de Silgado (1978) y en el Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Del análisis de la información existente se deduce que para el área de influencia existe poca información histórica. Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX sólo se reportan los sismos sentidos en las ciudades principales, indicando que dicha actividad sísmica no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas, que no fueron reportados.

Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conoce son: el sismo del 14 de Febrero de 1619 con intensidades de IX MM en Trujillo y VIII MM en Chicama y Santa; el sismo del 6 de Enero de 1725 con intensidades de VIII MM en Barranca y Huacho, VII en Casma y VI MM en Trujillo y Santa; el sismo del 2 de Setiembre de 1759 con intensidad de VII MM en Trujillo; el sismo del 21 de Junio de 1937 con intensidades de VII MM en Trujillo, Lambayeque y Salaverry y el sismo del 31 de Mayo de 1970 con intensidades de IX MM en Casma y Chimbote, VIII MM en Santa y Callejón de Huaylas y VII MM en Trujillo, Moche y Paramonga.

De los sismos ocurridos en el área de estudio, se cuenta con mapa de isosistas de los siguientes sismos: 14 de Febrero de 1619, 6 de Enero de 1725; 24 de Julio de 1912; 14 de Mayo de 1928; 24 de Mayo de 1940; 10 de Noviembre de 1946; 1 de Noviembre de 1947; 9 de Diciembre de 1950; 12 de Diciembre de 1953; 17 de Octubre de 1966; 31 de Mayo de 1970 y 3 de Octubre de 1974. Los mapas de isosistas disponibles se presentan en el Anexo IV.

Se concluye que de acuerdo a la historia sísmica del área de estudio, han ocurrido sismos de intensidad VII en la escala Mercalli Modificada. Sin embargo, en áreas cercanas, como las ciudades de Chimbote y Trujillo han ocurrido intensidades máximas de hasta IX grados.

5.2.1 Sismo del 31 de Mayo de 1970.-

El 31 de Mayo de 1970, ocurrió en la zona Central Norte del Perú un violento sismo que afectó íntegramente al departamento de Ancash y provincias de los departamentos de Lima, La Libertad, Cajamarca y Huánuco, abarcando una extensión de 80,000 km², causando la muerte de 50,000 personas y devastando ciudades enteras como la ciudad capital del departamento de Ancash, Huaraz, cuyos daños irreparables fueron del 80% de las edificaciones existentes (Berg y Husid 1970).

El terremoto fue de magnitud MS 7.7 en la escala de Richter, se produjo a las 20h 23m 28.7s GMT (3.23 pm hora local) frente a la costa norte del Perú; cuyos parámetros epicentrales según el U.S.G.S. (U.S. Coast Geological Survey) fueron:

Latitud: 9.176 S
Longitud: 78.823 W
Profundidad: 43 km
Magnitud: 6.6 mb - 7.8 Ms
Intensidad: VIII MMI

A manera de ilustración se presenta la Figura N° 5.1 que muestra algunas de las principales ciudades afectadas por el sismo en mención.

Según el mapa de Isosistas del sismo (Figura N° 5.2) la intensidad en la escala de Mercalli Modificada (MMI) se distribuyó de la siguiente manera: (Giesecke y Deza 1970).

Chimbote VIII Huallanca VI
Casma VIII Chiclayo VI
Huaraz VII + Lima VI
Trujillo VII - Piura V
Huarmey VII

Debido a su distancia epicentral, a Huaraz le correspondía una intensidad de VII, pero el centro urbano de la misma, alcanzó una intensidad de VIII debido a la amplificación sísmica causada por las condiciones locales del suelo que según Martínez A. (1975-76) puede atribuirse a la presencia de agua subterránea muy superficial.

Los daños en las estructuras de las edificaciones fueron predecibles, tanto en su cantidad como en sus características. Era de esperarse que las construcciones de adobe de la región no resistirían un sismo de intensidad VIII; del mismo modo los riesgos geológicos habrían sido considerados por la Corporación Peruana del Santa. Sin embargo no era posible prevenir mediante obras de ingeniería el aluvión que ocurrió en Yungay por efecto del sismo (Lomnitz 1970).

Según los estudios sismológicos, (Lomnitz 1970) no se reportaron cambios geodésicos en gran escala, debido a que la magnitud del mismo era inferior a 8 Ms.

En cuanto a las réplicas registradas por estaciones sísmicas auxiliares, se registraron uno o dos sismos que se atribuyeron a la sismicidad local provocada por el reajuste y fallamiento escalonado. Esto puede interpretarse como evidencia de que el proceso sísmico estuvo limitado enteramente a la plataforma continental.

Se obtuvieron datos que indican importantes aceleraciones verticales en Casma y Chimbote (se cree que llegó a 1 g), de igual modo se estima que la aceleración horizontal no fue mayor a 0.25 g. (Plafker et al, 1971).

Luego del sismo se realizaron estudios geológicos asociados (Plafker et al, 1971), los mismos que constataron que de la serie de fallas

geológicas que existen en el Valle del Santa, ninguna se movió durante el sismo. Aunque es evidente que estas fallas se han movido recientemente durante los últimos 100 años.

5.2.2 Edificaciones de adobe antes del sismo del 31 de Mayo de 1970.-

La mayoría de las casas en Huaraz antes del sismo de 1970, fueron de adobe con cimentación a base de piedras y barro, siendo el adobe usado de diferentes calidades y tamaños.

El techo era de caña y barro, suspendidos por vigas de madera de eucaliptos, que se apoyaban en los muros. (Armas 1973).

Con respecto a las causas de los daños, son muchos los factores que redundaron en el colapso de la mayoría de las viviendas y casas comerciales con este tipo de edificación, y si no colapsaron, sufrieron daños considerables. (Armas 1973).

A continuación se presenta un resumen de daños en adobe cuyas causas se enumeran: (Armas 1973).

- La preparación del adobe fue inadecuada, resultando adobes poco resistentes por la deficiente dosificación del barro usado.
- Falta de simetría en planta de la distribución de muros.
- Muros de fachadas con aberturas grandes y muros en las esquinas sin arriostre.
- Amarre y juntas verticales deficientes.
- Las edificaciones no poseían vigas collares ni contrafuertes en los muros.
- Techo muy pesado de las edificaciones.
- Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos.

Respecto a la antigüedad de las edificaciones en los barrios importantes de la ciudad de Huaraz, es necesario mencionar la evolución histórica de la ciudad; así tenemos que el asentamiento urbano se inició en los años 1828, en el sector que actualmente se ubica el barrio La Soledad, luego abarcó lo que ahora es el Centro Urbano en 1857; en 1930 aparecieron las primeras edificaciones a lo largo de la Av. Centenario; en 1950 se formó el barrio Centenario y por último abarcó el barrio Pedregal en 1960 (ORDENOR CENTRO 1979).

5.2.3 Efectos sísmicos ocurridos en el sismo del 31 de Mayo de 1970.-

Los efectos sísmicos en el relieve urbano de Huaraz fueron estudiados sobre un área de 6.8 km² aproximadamente. En la Figura N° 5.3 se presenta la ubicación de los diversos tipos de fallas del terreno que se produjeron por efecto del sismo, fueron:

- Agrietamientos causados por las fuerzas tensionales y de gravedad.
- Abovedamientos debidos al paso de las ondas sísmicas y a la sobrecarga de las edificaciones, provocando asentamientos y levantamientos.
- Asentamientos causados por abovedamientos, presencia de agua subterránea muy superficial y compactación diferencial en suelos finos.

5.3 Tectónica y Sismotectónica

5.3.1 Tectonismo de los Andes Peruanos.-

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que hay en la tierra, formando parte del Cinturón Circumpacífico.

La Cordillera de los Andes y la Fosa Oceánica Perú Chile son los principales rasgos tectónicos de la región occidental de Sudamérica; están relacionados a la actividad sísmica de la región como consecuencia de la interacción de dos placas convergentes cuyo producto orogénico contemporáneo son los Andes.

La teoría que postula esta relación es la Tectónica de Placas o Tectónica Global (Isaks et al, 1968).

Se dice que el movimiento de las placas se debe a las corrientes de convección o movimientos del mismo manto plástico y caliente de la tierra y también a los efectos gravitacionales y de rotación de la tierra.

Los límites o bordes de las placas raramente coinciden con las márgenes continentales, pudiendo ser de tres tipos:

- 1) Según cordilleras axiales, donde las placas divergen una de otra y en donde se genera un nuevo suelo oceánico.
- 2) Según las fallas de transformación a lo largo de las cuales las placas se deslizan una respecto a la otra.
- 3) Según zonas de subducción, en donde las placas convergen y una de ellas se sumerge bajo el borde delantero de la suprayacente.

El frotamiento mutuo de estas placas es lo que produce los terremotos, por lo que la localización de éstas delimitará los bordes de las mismas. La Placa Sudamericana crece de la cadena meso-oceánica del Atlántico, avanzando hacia el noroeste con una velocidad de 2 a 3 cm por año y se encuentra con la Placa de Nazca en su extremo occidental, constituido por la costa Sudamericana del Pacífico. Por otro lado, la Placa de Nazca crece de la cadena meso-oceánica del Pacífico Oriental y avanza hacia el este con una velocidad de aproximadamente 5 a 10 cm por año, subyaciendo debajo de la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 12 cm por año (Berrocal et al, 1975).

La distribución espacial de los hipocentros confirma la subducción de la Placa Nazca, aún cuando existe controversia debido a la ausencia sísmica entre los 300 y 500 Km de profundidad (Berrocal et al, 1975).

5.3.2 Sismo-tectónica Regional

La Cordillera Blanca está constituida fundamentalmente por un batolito de 3 a 12 millones de años de antigüedad, el cual se encuentra emplazado entre dos sistemas de fallamiento regional que están parcialmente activos (Informe Recreta, 1981).

El sistema de fallamiento del noreste en la Cordillera Blanca que viene del Sur, desde la latitud 13°S paralelo al eje andino muestra un ancho conocido de 30 km.

La actividad sísmica asociada a este sistema, se ubica al norte de la Cordillera Blanca, donde comienza una flexión hacia el oeste de todas las estructuras. (Informe Recreta, 1981).

El otro sistema de fallamiento, esta constituido por las escarpas de fallas en la pendiente suroeste de la Cordillera Blanca (Wilson et al 1967). La longitud total es de 180 a 200 km y se distinguen 3 segmentos:

el segmento norte donde la escarpa es alta y parada y la línea de falla es simple; en la parte central la línea de falla se ondula y forma una punta al noreste de Huaraz. El segmento sur está formado por muchas escarpas de fallas más pequeñas que corren discontinuamente en el "échelon". Evidencias geológicas muestran que esta falla ha ocurrido progresivamente en el Cuaternario (Yonekura et al 1979).

Históricamente no se registra un sismo fuerte a lo largo de la parte central y sur de la falla de la Cordillera Blanca; sin embargo el 5 de Marzo de 1935, un sismo violento sacudió el pueblo de Ticapampa ubicado al sur de la falla de la Cordillera Blanca, concluyéndose así que dicha falla está aún activa, sin descartarse la ocurrencia de un sismo destructor, por lo que es necesario estudios de neotectónica.

Las fallas de Quiches, están ubicadas entre Quiches y Chingalpo al Oeste del cañón del río Marañón. Tiene un rumbo promedio NW-SE con buzamientos fuertes hacia el SW y también al NE.

Estas fallas se han formado durante el sismo de 1946, produciendo saltos de hasta 3 m sobre tramos que alcanzaban 5 km. El estudio de campo muestra que dichas fallas porían ser solamente una consecuencia secundaria del sismo y por lo tanto están sin relación directa con el foco sísmico.

La Figura N° 5.4 presenta el mapa sismotectónico de la región. Además de los hipocentros del catálogo sísmico del SISRA, están presentados los rasgos neotectónicos indicados por Sebrier et al (1982).

Este plano constituye una representación cualitativa completa de la actividad sísmica en la región en estudio, con representación de la magnitud y la profundidad total de los sismos, así como las características neotectónica.

En el mapa sismotectónico se aprecia que en la porción oceánica, la actividad sísmica está constituida por sismos superficiales (< 70 km de profundidad focal), concentrados casi exclusivamente entre la fosa marina y la línea de la costa. Existe un área de alta concentración frente a la costa del departamento de Ancash.

En la porción continental existen sismos superficiales e intermedios en el área estudiada, cuyo número aumenta en la zona subandina.

Todos los sismos en la porción oceánica corresponden a la zona de subducción, mientras que en la porción continental se incluyen los sismos de la zona de Benioff, con profundidades focales mayores de 70 km y los sismos continentales que son superficiales. En la Figura N° 5.5 se muestra la proyección del perfil de la zona de estudio, perpendicular a la línea de la costa y que pasa por la ciudad de Huaraz.

Al considerar las fuentes de sismos que puedan ser significativos para las aceleraciones en el área de estudio, es importante tener en cuenta las diferencias fundamentales en las características de atenuación asociadas con los sismos de subducción y los sismos superficiales. En general, los sismos superficiales se atenúan con mayor rapidez que los sismos de subducción.

Consecuentemente, mientras es importante considerar las fuentes de sismos de subducción, también es necesario tomar en consideración las fuentes más cercanas de sismos continentales superficiales al área de estudio.

5.4 Peligro Sísmico

5.4.1 Introducción

El término peligro sísmico se refiere a la distribución probabilística de cualquier efecto derivado de la ocurrencia de un sismo que puede causar condiciones adversas para el desarrollo de las actividades del hombre; lo cual involucra sacudimientos del suelo, ocurrencia del fenómeno de licuación, deslizamientos, hundimientos, etc.

El análisis de peligro sísmico se lleva a cabo para la determinación de parámetros de los sismos de diseño usados en la evaluación del sitio de emplazamiento y de la estructura considerada.

La evaluación del peligro sísmico se ha efectuado por medio de los métodos determinístico y probabilístico, para finalmente proponer niveles sísmicos del movimiento máximo del suelo en el área de Estudio.

La mayor actividad sísmica en el área de influencia se presenta en el mar, paralelo a la costa, donde existe una gran concentración de sismos. Se aprecia la subducción de la Placa de Nazca, ya que hacia el continente la profundidad focal de los sismos aumenta. También se producen sismos en el continente que son superficiales e intermedios, y que estarían relacionados a fallas existentes.

En el continente se observa una ligera concentración de sismos superficiales en el área de la Falla de Quiches-Sihuas y un cierto alineamiento de sismos superficiales en la Zona Subandina. No existe una evidencia clara de la ocurrencia de sismos asociados a la falla de la Cordillera Blanca.

En el perfil transversal perpendicular a la costa, que pasa por el área de la ciudad de Huaraz, se aprecia la subducción de la Placa de Nazca y los sismos continentales cercanos a la zona de estudio.

5.4.2 Estudio Sísmico Determinístico

El análisis determinístico de los efectos sísmicos en el área de emplazamiento de la ciudad consiste en:

- 1) Relacionar eventos sísmicos a fallas activas o potencialmente activas para determinar sus efectos epicentrales y su atenuación al lugar.
- 2) Si se presentan fallas del Cuaternario independientemente de la actividad sísmica, éstas son capaces de producir sismos de una magnitud suficiente para producir una ruptura de la mitad de la longitud de la traza de la falla mapeada. Los efectos epicentrales son atenuados del punto más cercano a la falla, al lugar.

En base a lo anterior y al catálogo histórico e instrumental se determinará el sismo extremo para cada zona sismogénica a ser considerada. El Sismo Extremo se define como el sismo más grande que una zona sismogénica puede producir, bajo las condiciones tectónicas conocidas.

En seguida se determina el Sismo de Operación, que es el sismo más grande que se espera ocurra una vez en la vida de un proyecto que se desarrolle en la zona de estudio. En este caso se determina el Sismo de Operación asociado a un período de retorno de 200 años. El valor de M_s correspondiente se determinó del gráfico para cuyo caso del número acumulado de sismos entre el período de medición vs. la magnitud sísmica para la zona de subducción.

Considerando los sismos de la zona de subducción, es posible definir dos áreas concentradas de actividad con influencia significativa en la zona

de estudio: la primera fuera de la costa (a distancias focales mínimas del orden de 120 Km) y la otra al este de la ciudad (a distancias focales mínimas de 110 Km).

Los sismos continentales superficiales que son significativos para la ciudad estarían a distancias mínimas de 10 km, que es la distancia promedio de la ciudad a la falla de la Cordillera Blanca.

La atenuación sísmica de aceleraciones se realizó utilizando la Ley de Atenuación propuesta por Casaverde y Vargas (1980) para Zonas de Subducción en el Perú.

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

donde

a = aceleración en cm/seg².

M_s = magnitud expresada en ondas de superficie.

R = distancia hipocentral en Km.

Para el caso de los sismos continentales superficiales, se utilizó la expresión de Slemmons (1982) de fallas normales para determinar la magnitud:

$$M_s = 0.809 + 1.341 \text{ Log } L$$

donde:

M_s = magnitud expresada en ondas de superficie.

L = longitud de ruptura en metros.

Para el sismo continental más próximo a la ciudad de Huaraz se asumió una magnitud M_s = 7.4 en base al catálogo sísmico y posibles longitudes de ruptura de 80 km para la falla de la Cordillera Blanca.

La ley de atenuación utilizada para fallas del tipo transcurativo fue la propuesta por Patwardhan et al (1978):

$$a = 224 * e^{0.823M_s} (R + C)^{-1.56}$$

donde:

$$C = 0.864 * e^{0.823M_s}$$

En consecuencia:

SISMO EXTREMO

Fuente	Distancia (km)	M _s	a _{max} (%g) (Subducción)	a _{max} (%g) (Transcurativo)
Zona Costera de Subducción	60	7.9	0.46	---
Zona Continental de Subducción	110	7.3	0.18	---
Zona Continental Superficial	10	7.4	---	0.38

La mayor aceleración es producida por el sismo de subducción de la costa, con un valor igual a 0.46 g.

SISMO DE OPERACION

Fuente	Distancia (km)	M _s	a _{max} (%g) (Subducción)	a _{max} (%g) (Transcurativo)
Zona Costera de Subducción	60	7.5	0.33	---
Zona Continental de Subducción	110	6.9	0.13	---
Zona Continental Superficial	10	6.9	---	0.32

El mayor valor de aceleración es producido por un sismo de subducción de la costa y es igual a 0.33 g.

5.4.3 Estudio Sísmico Probabilístico

5.4.3.1 Introducción

El riesgo sísmico puede evaluarse probabilística-mente con el método desarrollado por Cornell (1968). La primera parte de método consiste en una revisión de la actividad sísmica del pasado para determinar las fuentes sismogénicas considerando las características tectónicas de la región. Luego se determina la recurrencia de las zonas sismogénicas y con la atenuación sísmica se determinan los valores probables de intensidades sísmicas.

5.4.3.2 Evaluación de Fuentes Sismogénicas

Se han utilizado las fuentes sismogénicas establecidas en el trabajo de Zonificación Sísmica del Perú de Casaverde y Vargas (1980).

La Figura N° 5.6 presenta las fuentes sismogénicas aplicables al proyecto, según Casaverde y Vargas. Se ha mantenido la misma nomenclatura de las zonas sismogénicas, utilizando sólo aquellas que tienen influencia en el área en estudio, la cual está limitada por latitud 5.00°S a 13.00°S, y longitud 71.00°W a 83.00°W.

La determinación de las fuentes sismogénicas se ha basado en el mapa de distribución de epicentros, así como las características tectónicas del área de influencia. Se han presentado las fuentes como áreas, ya que no existen suficientes datos como para modelar fallas como fuentes lineales.

La mayor parte de los sismos ocurridos en el área considerada es producto de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana. La Placa de Nazca penetra debajo de la Sudamericana a ángulos variables y se profundiza a medida que avanza hacia el Continente, por lo que pueden distinguirse fuentes del litoral (F1 y F2) y fuentes continentales (F10, F12, F18 y F21).

Las fuentes del litoral tienen profundidades focales superficiales, menores de 70 Km. Las fuentes continentales de la zona de subducción se caracterizan por tener profundidades focales medianas, mayores de 70 Kms.

Las fuentes F9, F11, F13, F17 y F20 están asociadas a la sismicidad regional andina con profundidades focales superficiales, sin estar asociadas a fallas activas. La fuente F19 representa sismos de profundidades intermedias. La Tabla N° 5.1 presenta las coordenadas de las fuentes sismogénicas utilizadas.

5.4.3.3 Análisis Estadístico de Recurrencia

El catálogo instrumental de sismos comienza a principios de siglo para la zona en referencia. La información existente hasta el año 1963 es incompleta, ya que no se cuenta con valores de magnitud de ondas de cuerpo mb y profundidad focal. Se decidió utilizar la información a partir de 1963 para la realización del análisis estadístico de recurrencia.

La recurrencia de terremotos se determina de acuerdo a la expresión de Richter (1958).

$$\log N = a - bM$$

donde:

N = número de sismos de magnitud M o mayor por unidad de tiempo.

a, b = parámetros que dependen de la región.

Los parámetros estadísticos de recurrencia para cada una de las fuentes sismogénicas se han calculado utilizando los valores de magnitudes de ondas de cuerpo para luego convertirlos a valores de magnitud de ondas de superficie, mediante la expresión calculada en el CISMID en base al Catálogo 1963-1989. (Figura N° 5.7):

$$m_b = 3.30 + 0.40 M_s$$

El valor de a_{M_0} es la tasa de actividad sísmica para el límite inferior de magnitud determinado a partir del catálogo y $b_{M_s} = 0.40 b_{m_b}$, obtenido a partir de las curvas de recurrencia sísmica de las Figuras N° 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11.

El análisis estadístico de los parámetros de recurrencia se realizó considerando los datos de 1963-1989. La Tabla N° 5.2 presenta los parámetros de recurrencia utilizados para el caso de considerar las fuentes sismogénicas de la Figura N° 5.6.

5.4.3.4 Leyes de Atenuación

Se han utilizado dos leyes de atenuación de aceleraciones, la primera es la propuesta por Casaverde y Vargas (1980), y ha sido empleada para las fuentes asociadas al mecanismo de subducción. Esta ley está basada en los registros de acelerógrafos de las componentes horizontales de diez sismos peruanos registrados en Lima y alrededores. (Figura N° 5.12)

Es notoria la menor atenuación de los sismos peruanos en comparación con atenuaciones de sismos en otras partes del mundo. Los sismos fueron registrados en acelerógrafos instalados en el local del Instituto Geológico en la Plaza Habich, el Instituto Geofísico en la Avenida Arequipa, en Zárate, en la casa del Dr. Huaco en las Gardenias y en la Molina, la ley es:

Atenuación de Aceleraciones

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

donde:

a = es la aceleración en cm/seg^2

M_s = es la magnitud de las ondas superficiales

R = es la distancia hipocentral en Km

Es evidente que existe escasez de datos de registros de aceleraciones en el Perú. Los datos que se tienen son de la Ciudad de Lima.

La segunda ley de atenuación de aceleraciones utilizada es la propuesta por McGuire (1974) para la Costa Oeste de los Estados Unidos (Figura N° 5.13) y ha sido empleada para las fuentes asociadas a sismos continentales. Esta ley tiene la forma:

$$a = 472 * 10^{0.28M_s} (R + 25)^{-1.3}$$

donde:

a = es la aceleración en cm/seg^2

M_s = es la magnitud de las ondas superficiales.

R = es la distancia hipocentral en km.

5.4.3.5 Determinación del Peligro Sísmico

Se ha determinado el peligro sísmico del área de estudio mediante la utilización de metodología e información pertinente, disponibles en la literatura. Se ha utilizado el Programa de Cómputo RISK desarrollado por R. McGuire (1976) con datos de atenuación de Casaverde y Vargas (1980), y los de recurrencia sísmica calculados en el CISMID.

Se ha evaluado el peligro sísmico del área comprendida entre las coordenadas 9.25°S a 9.75°S y 77.25°W a 77.75°W, las que encierran todo el área de estudio. Además se ha evaluado las aceleraciones esperadas para las coordenadas de la ciudad de Huaraz (9.53°S, 77.57°W). La Tabla N° 5.3 presenta estos resultados para períodos de retorno de 30, 50, 100, 200, 500. y 1000 años. Las salidas del Programa RISK se presentan en el Anexo IV. La Fig. 5.14 presenta los resultados de las aceleraciones para la ciudad de Huaraz. El peligro sísmico anual se presenta en el eje de abscisas de dicha figura como la inversa del período de retorno

Para determinar los valores máximos de diseño, se considera un solo nivel de importancia de las obras.

Se considera sismos de 200 y 400 años de período de retorno, lo cual significa:

- Sismo de Operación: 0.44 g
- Sismo Extremo: 0.54 g

Es usual considerar una aceleración efectiva, en vez de la instrumental pico, del orden del 25 al 35% más baja. El coeficiente sísmico para el diseño estará expresado en términos del período de la estructura y el período predominante del suelo.

5.4.4 Niveles Sísmicos del Movimiento Máximo del Suelo

En base a los estudios descritos, es necesario definir una propuesta para los niveles sísmicos del movimiento máximo esperado del suelo, principalmente en lo referente a la aceleración.

Los resultados del estudio probabilístico presentan valores ligeramente mayores que los del estudio determinístico, fundamentalmente por haber utilizado en el análisis leyes de atenuación con gran dispersión de datos. Por otro lado, en el estudio determinístico ha sido posible asociar a los sismos superficiales continentales, leyes de atenuación del tipo transcurso, que han sido basadas en sismos de otras partes del mundo, al no existir información local.

A continuación se proponen los siguientes valores para las aceleraciones del suelo:

OBRA	SISMO EXTREMO (% g)		SISMO DE OPERACION (% g)	
	a _{max}	a _{efect}	a _{max}	a _{efect}
Huaraz	0.50	0.33	0.40	0.27

La respuesta estructural derivada por métodos espectrales, deberá considerar a partir de estos valores la amplificación estructural y las reducciones por ductilidad, amortiguamiento y coeficientes de seguridad que posteriormente se emplearán en el diseño. Los valores presentados corresponden a suelo firme, y no reflejan la amplificación local del suelo, en caso de existir.

TABLA N° 5.1

COORDENADAS DE LAS FUENTES SISMOGENICAS UTILIZADAS

	1		2		3		4	
FUENTE	LONG.W.	LAT.S.	LONG.W.	LAT.S.	LONG.W.	LAT.S.	LONG.W.	LAT.S.
F1	83.05	04.35	81.45	03.50	80.90	08.80	79.25	08.00
F2	80.50	08.60	79.25	08.00	77.10	14.90	76.00	14.08
F9	75.30	11.40	74.80	11.40	75.30	12.00	74.80	12.00
F10	79.65	08.20	77.20	06.80	76.30	14.30	73.80	12.45
F11	79.25	08.60	77.20	06.80	76.00	14.08	73.80	12.45
F12	81.25	03.90	79.20	02.80	79.25	08.00	77.20	06.80
F13	82.25	03.90	79.20	02.80	79.25	08.00	77.20	06.80
F17	80.60	00.05	76.00	00.55	77.20	06.80	75.80	05.90
F18	80.60	00.05	76.00	00.55	77.20	06.80	75.80	05.90
F19	77.50	05.25	76.75	05.25	77.50	05.85	76.75	05.85
F20	77.20	06.80	75.80	05.90	73.80	12.45	73.00	11.90
F21	77.20	06.80	74.50	05.10	73.80	12.45	73.00	11.90

TABLA N° 5.2

PARAMETROS UTILIZADOS EN EL PROGRAMA RISK

FUENTE	MAGNITUD MINIMA M_0	MAGNITUD MAXIMA M_1	BETA	TASA	PROFUNDIDAD (km)
F1	5.0	7.60	1.2581	0.7655	25, 35, 45
F2	5.0	7.90	1.1485	1.8309	35, 45
F9	5.0	6.50	0.6941	0.1703	5
F10	5.0	7.30	0.9422	0.5532	75
F11	5.0	7.50	1.1366	0.5034	35
F12	5.0	7.10	1.2379	0.2014	80, 100
F13	5.0	7.00	1.0521	0.6251	35
F17	5.0	7.30	0.9918	0.5363	35
F18	5.0	7.50	0.9026	1.1108	110, 170
F19	5.0	7.00	0.9616	0.2865	35
F20	5.0	7.00	1.0483	0.4172	35
F21	5.0	7.00	1.2443	0.7983	140

TABLA N° 5.3

ACELERACIONES MAXIMAS ESPERADAS (% g)

LUGAR	Período de Retorno (Años)						
	30	50	100	200	400	500	1000
Ciudad de Huaraz (9.53°S, 77.57°W)	0.22	0.28	0.35	0.44	0.54	0.58	0.69

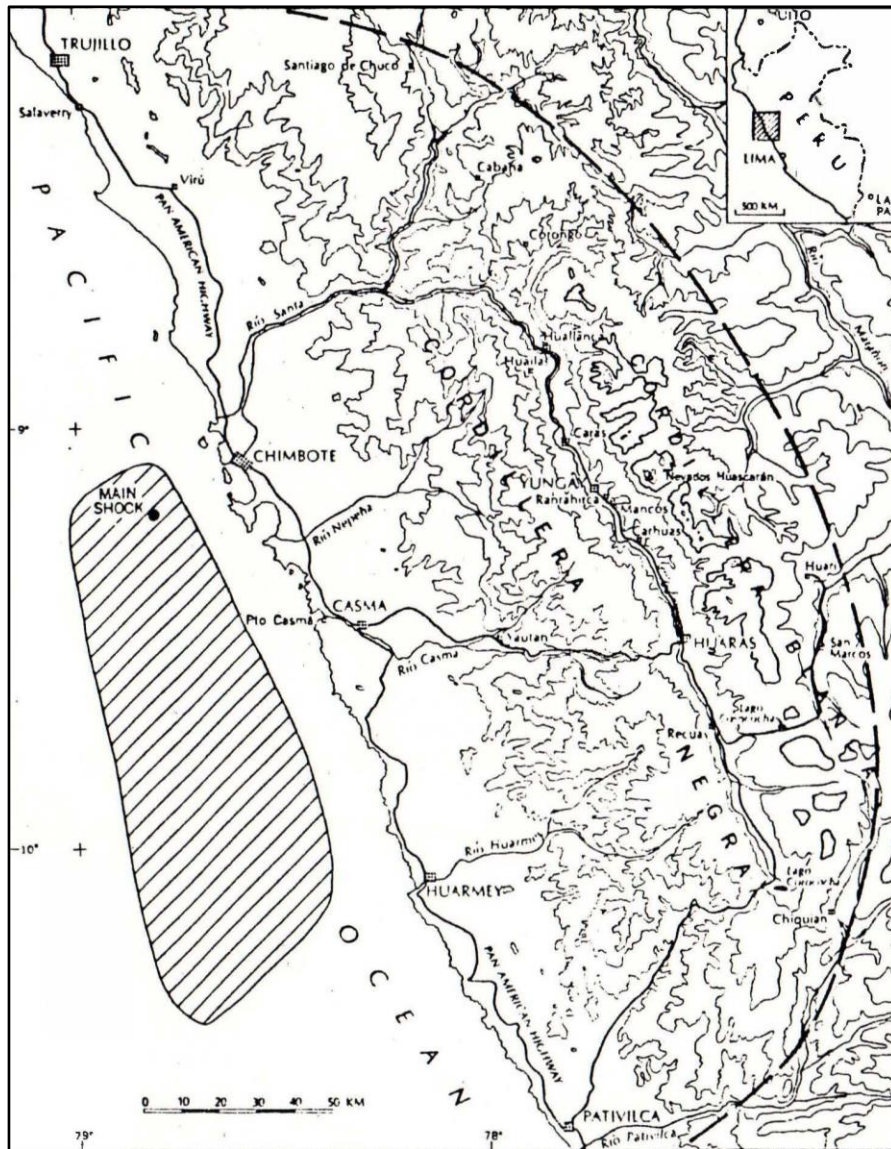
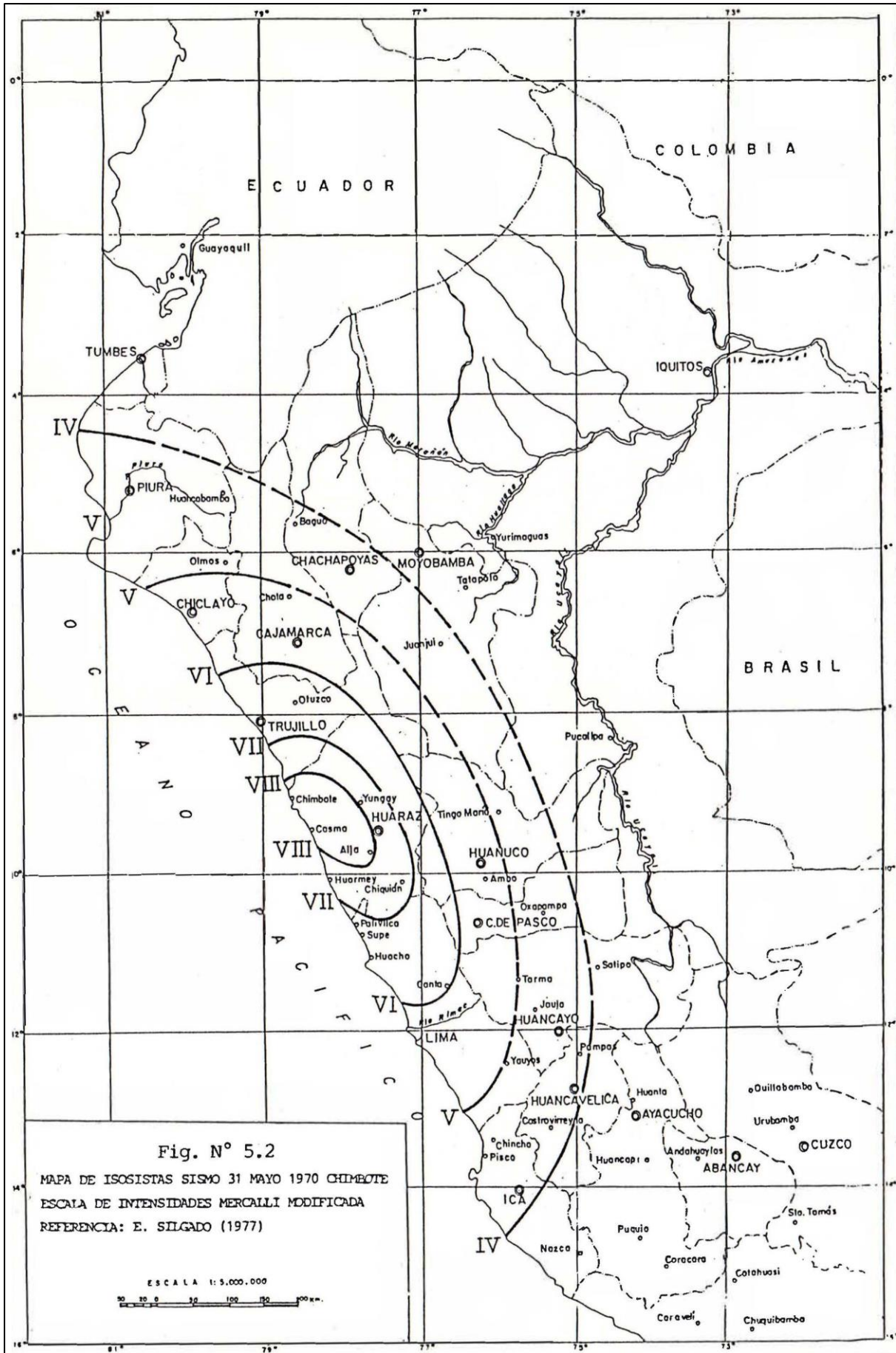
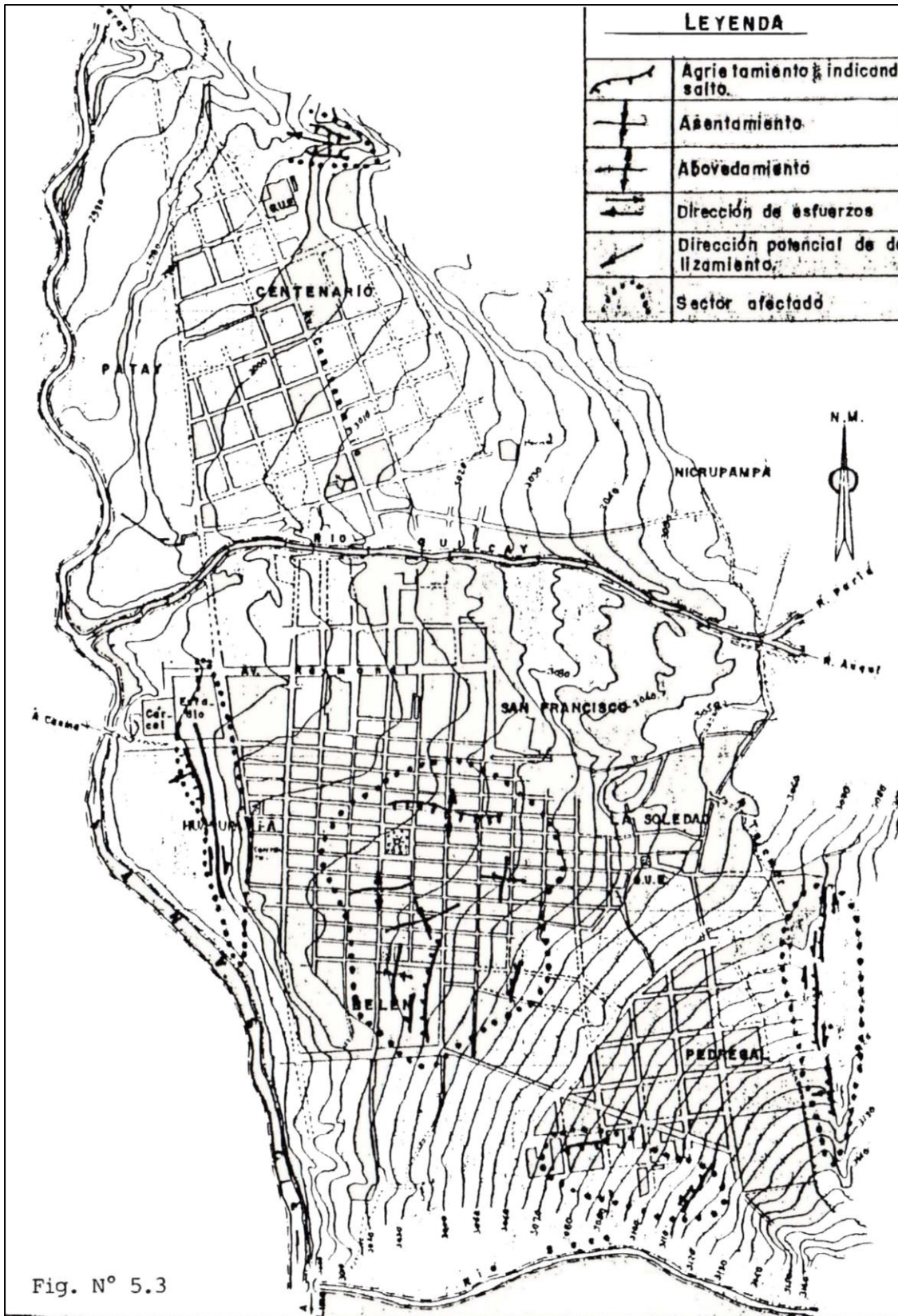


Fig. N° 5.1 Mapa de la parte Central Oeste del Perú mostrando el área afectada por el sismo del 31 de Mayo de 1970. Se muestra también el lugar del epicentro principal y la zona de réplicas (parte subrayado diagonalmente).

PLAFKE, ET AL 1971





INSTITUTO SUB COMISION TECNICA
"CRYZA"
D. N. O. "CRYZA"
BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS
ANCASH ESC. 1/16,000
NOV HUANAZO ECHA NOV 1972

CIRILO GRIMALDO ARMAS AGUIRRE
TESIS DE GRADO
MAPA DE EFECTOS
SISMICOS
PLANO
N°
5

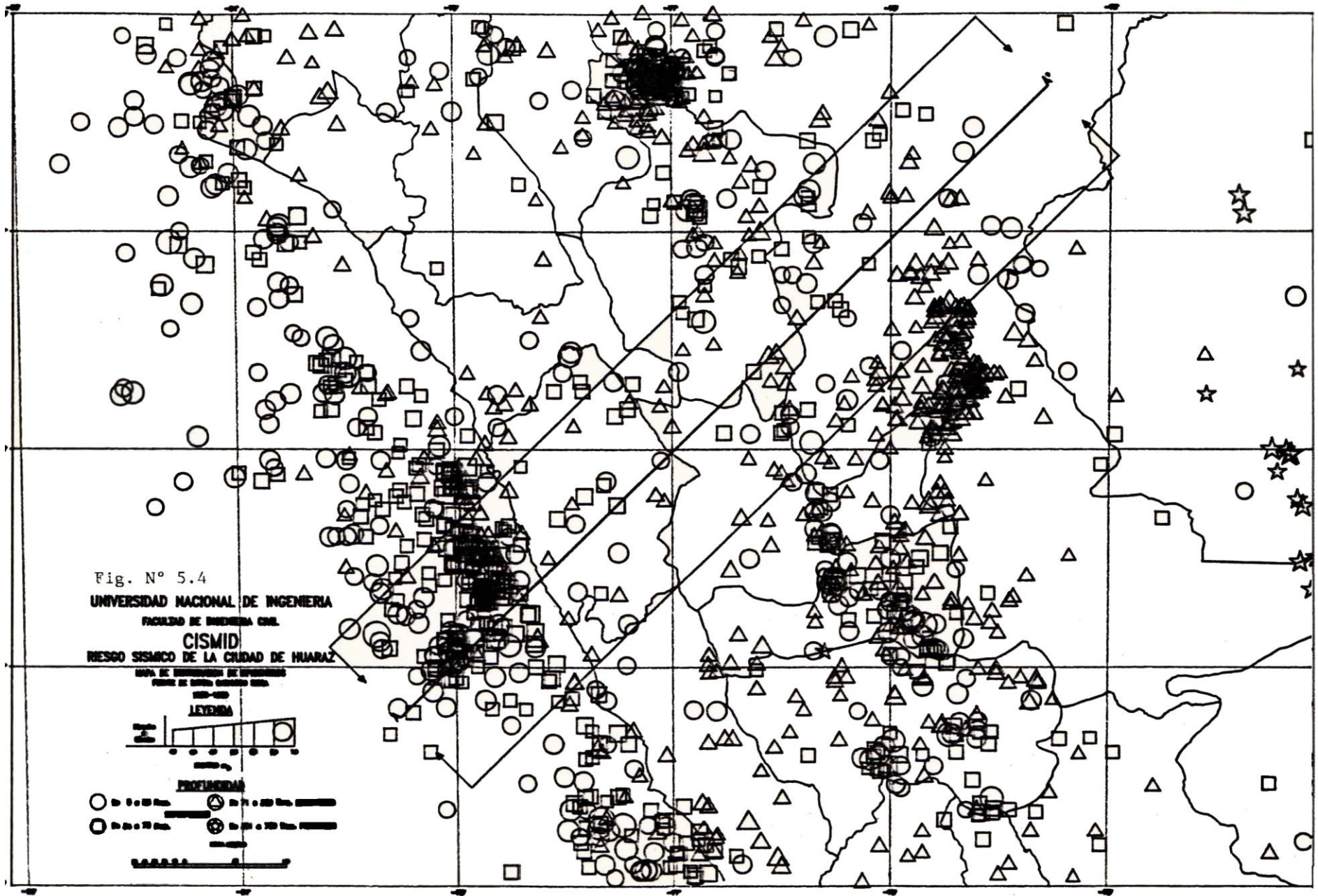
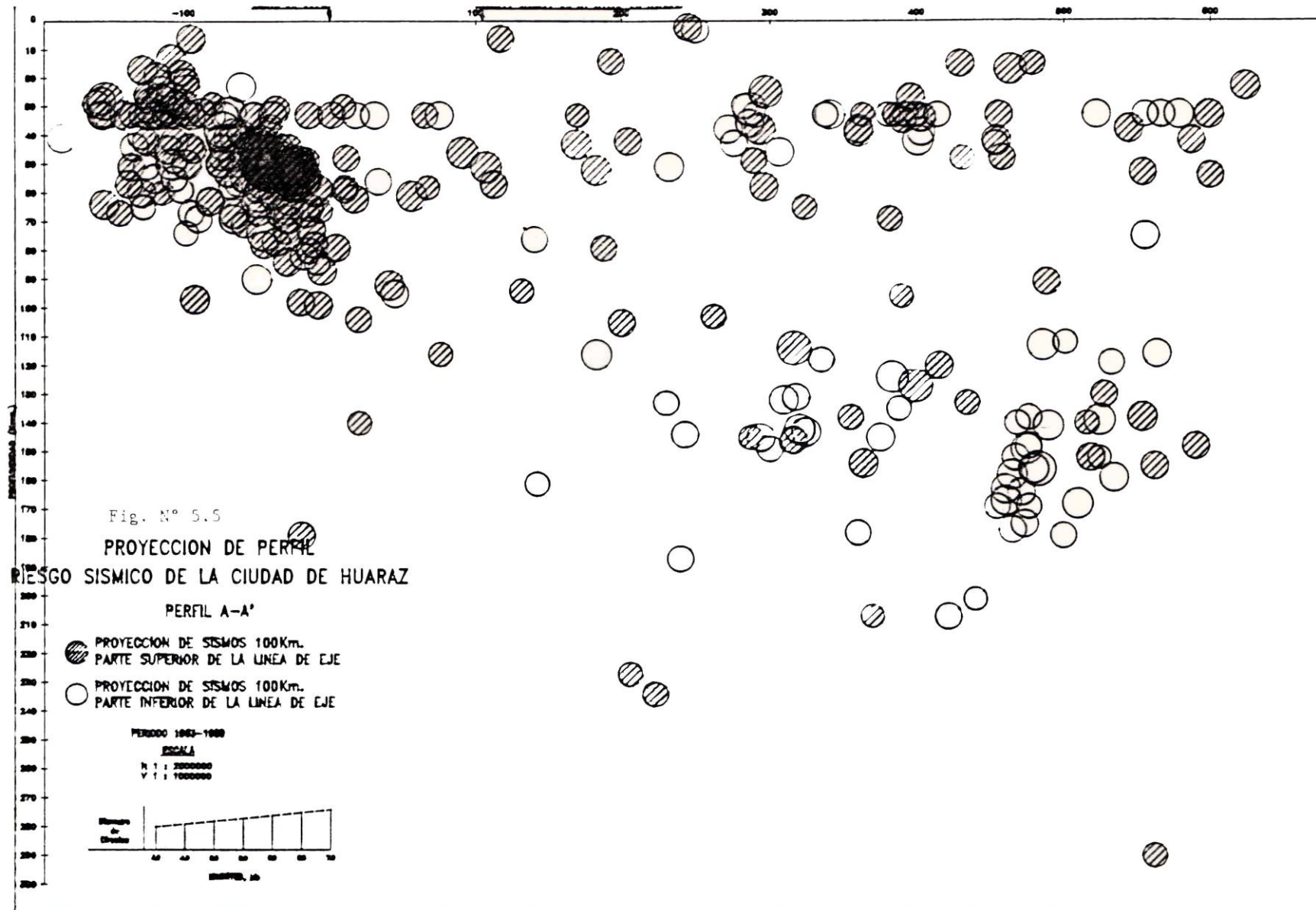
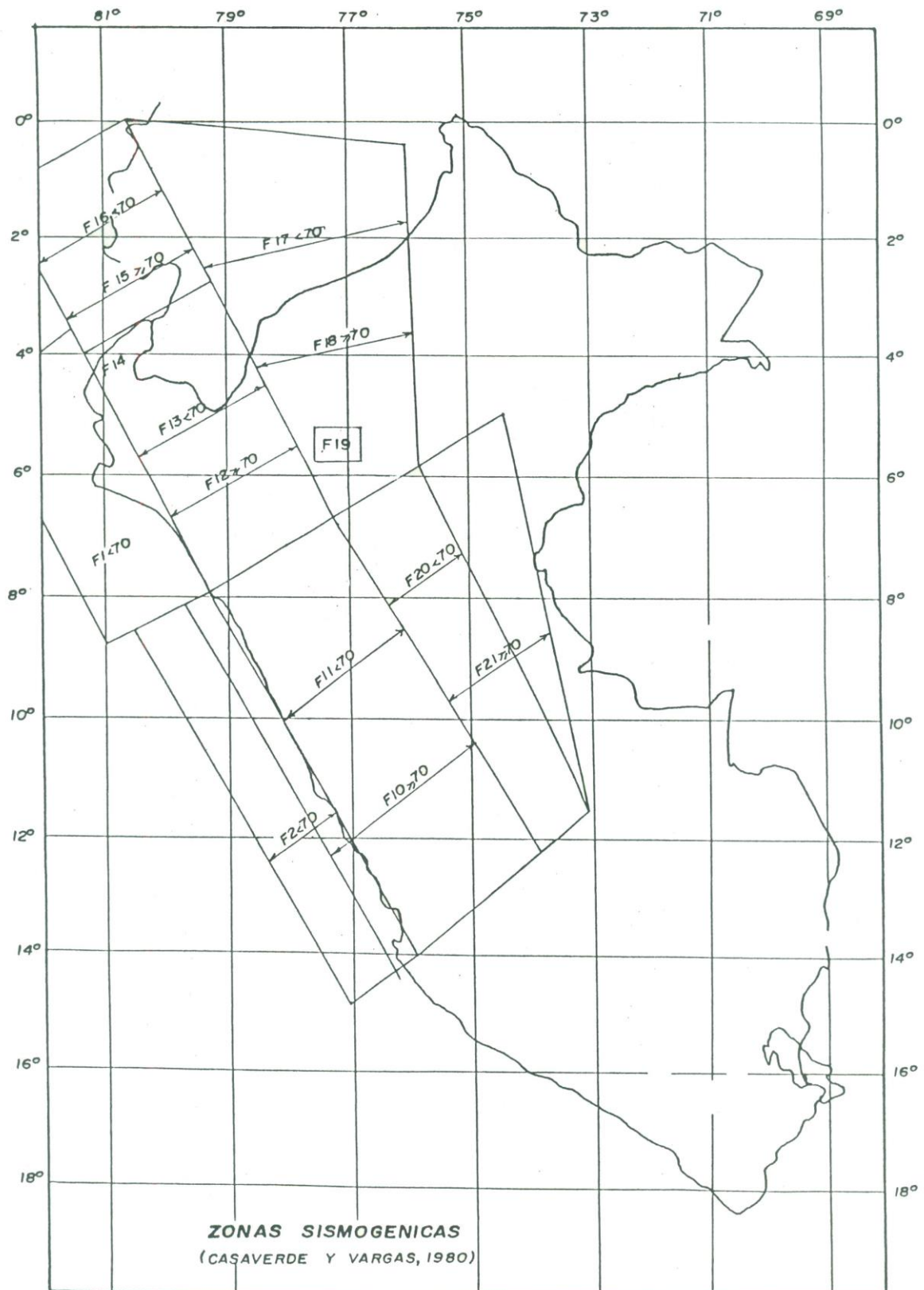


Fig. N° 5.4
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID
RIESGO SISMICO DE LA CIUDAD DE HUARAZ
 MAPA DE DISTRIBUCION DE EPICENTROS
 FUENTE DE DATOS: CARRERA 1984

LEYENDA

PROFUNDIDAD





CORRELACION ENTRE MAGNITUDES Mb Y Ms

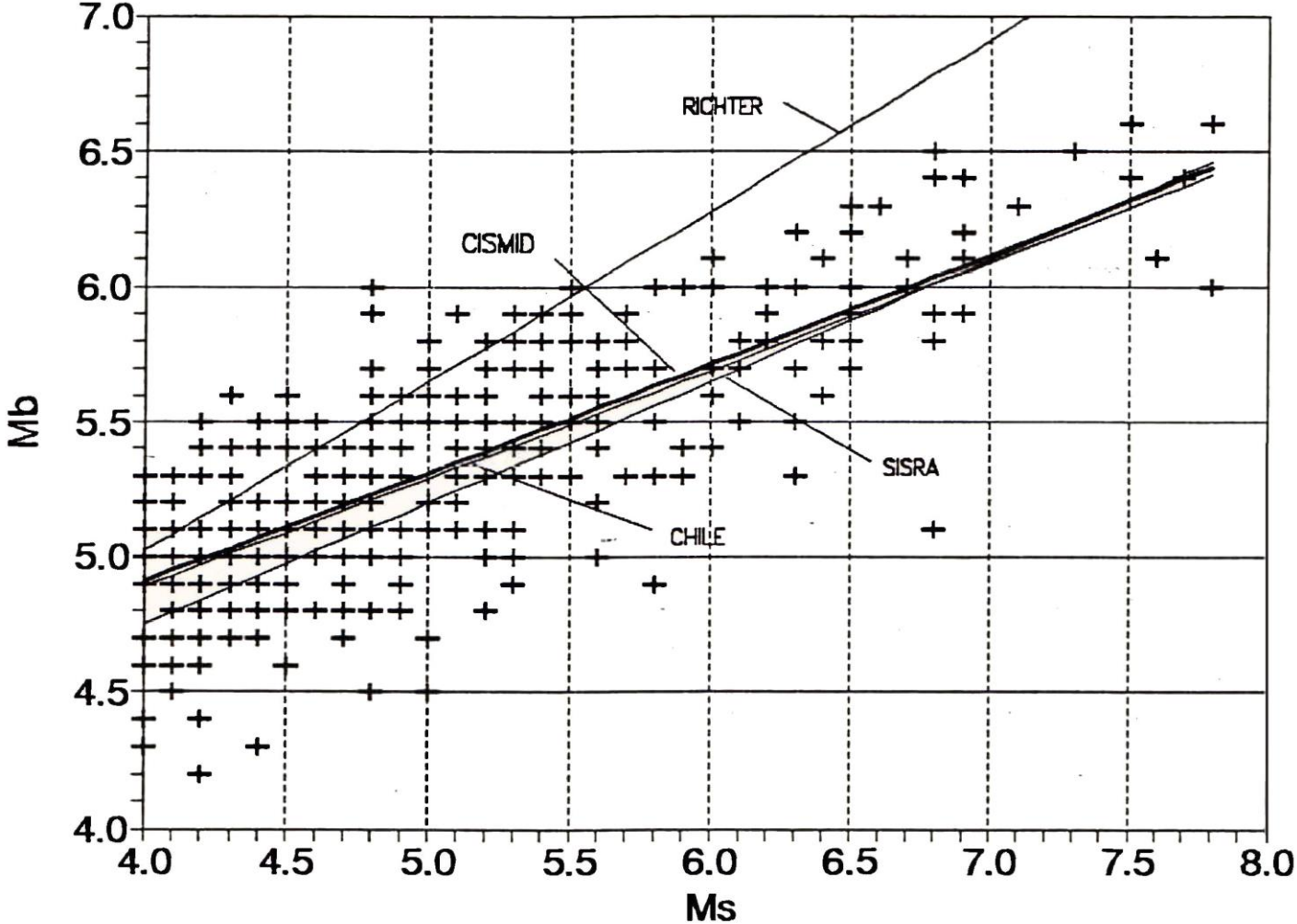


Fig. N° 5.7

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA

FUENTES DE SUBDUCCION - 1

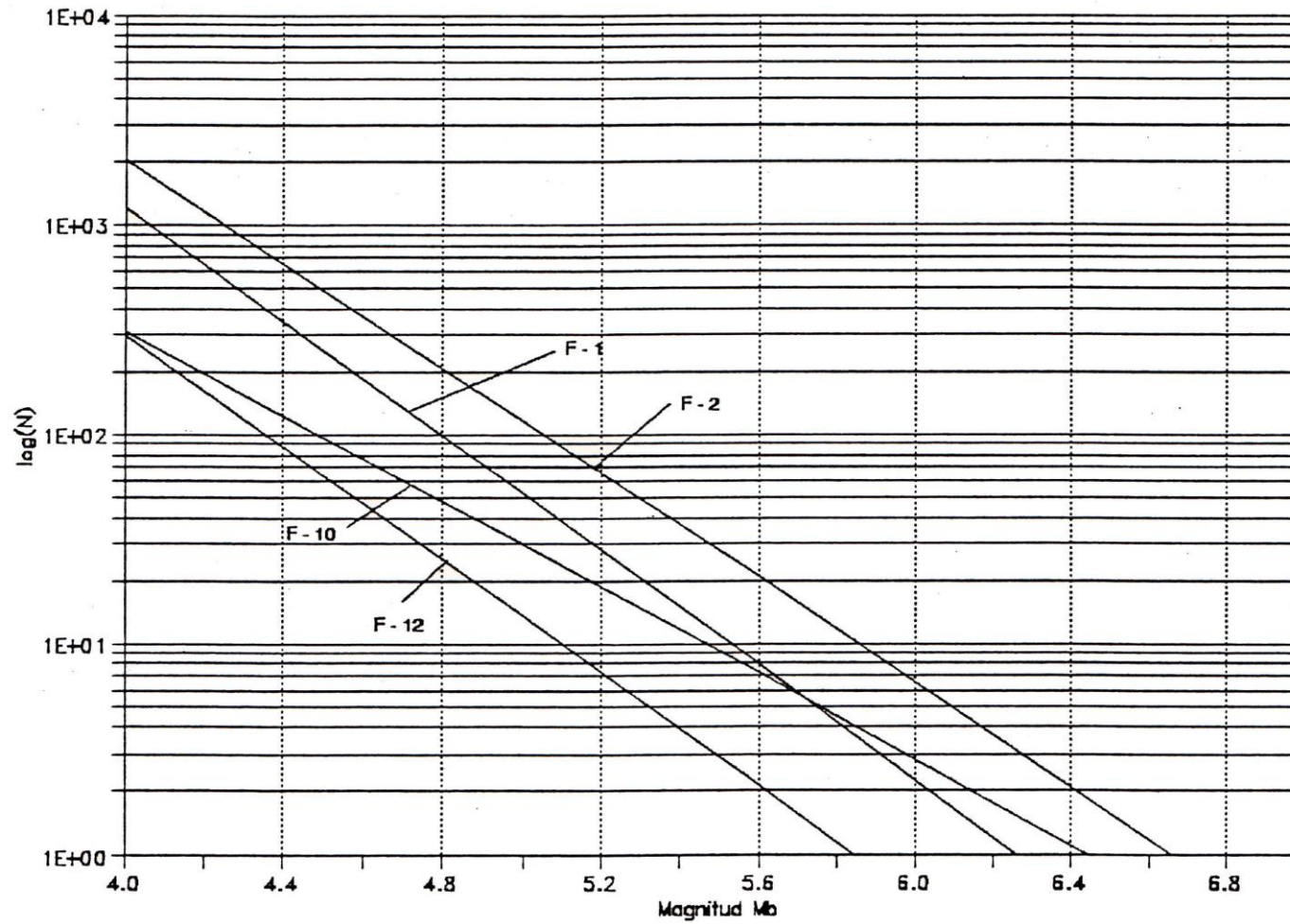


Fig. N° 5.8

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA

FUENTES DE SUBDUCCION - 2

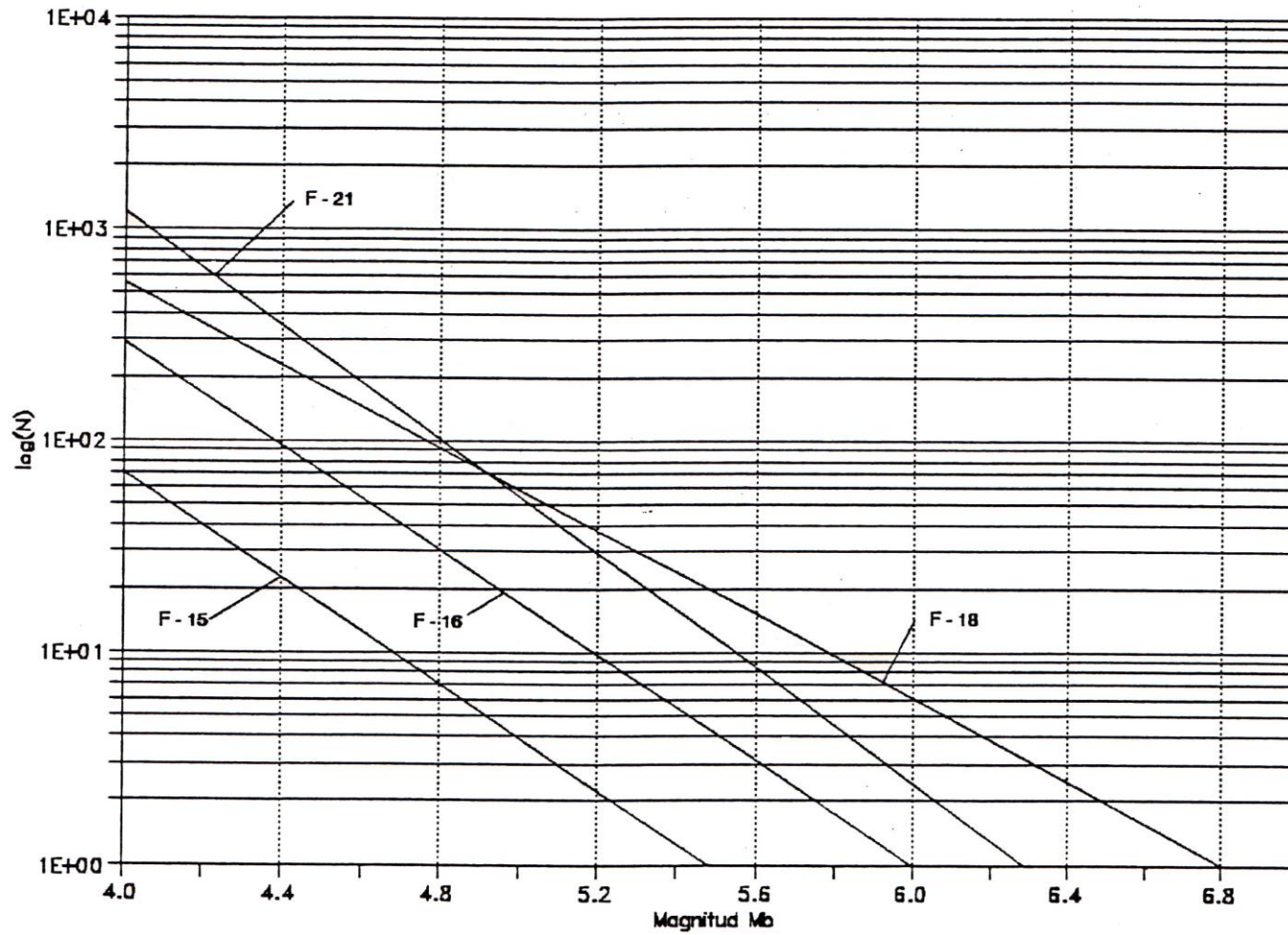


Fig. N° 5.9

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA

FUENTES CONTINENTALES - 1

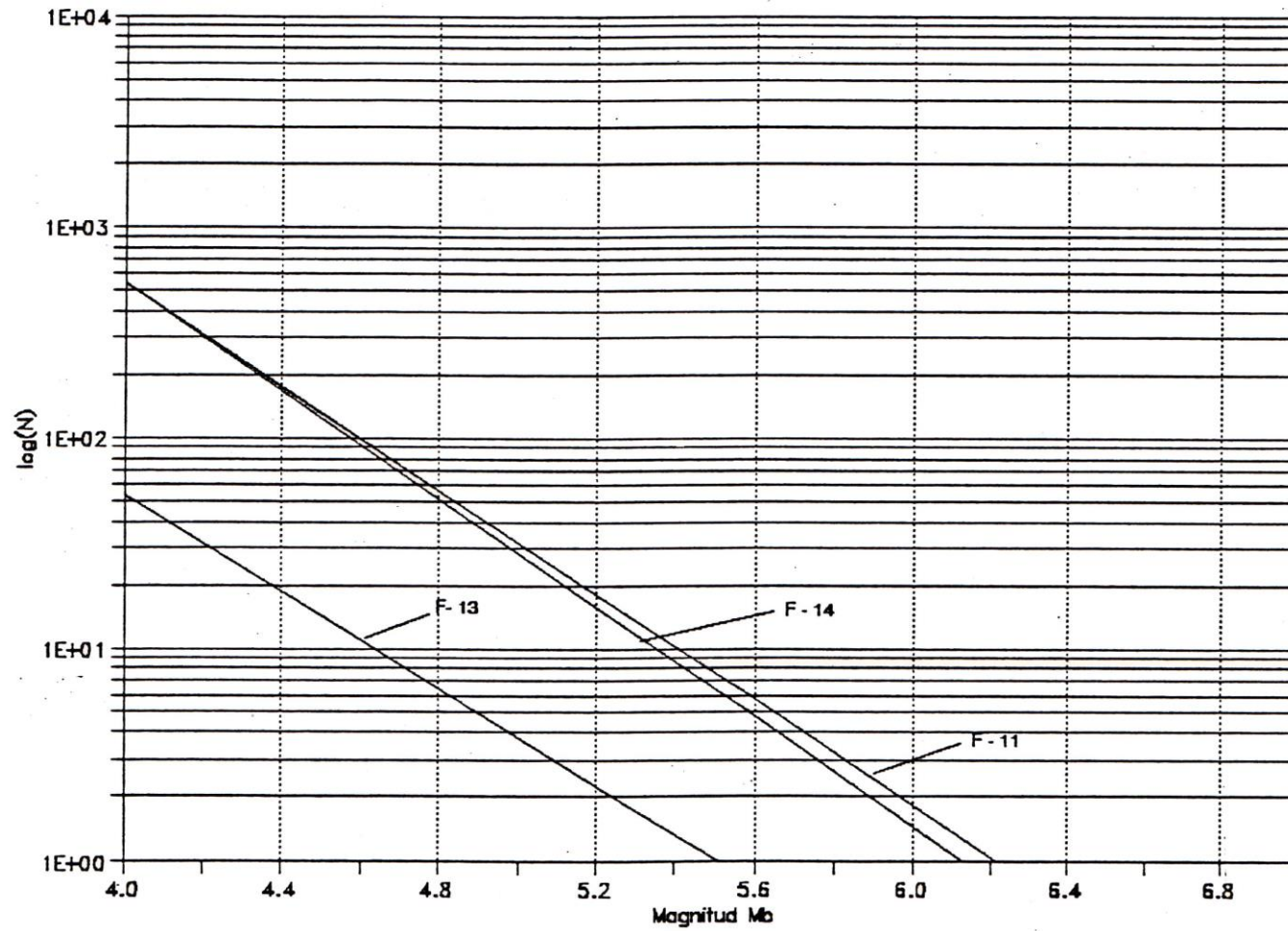


Fig. N° 5.10

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA

FUENTES CONTINENTALES - 2

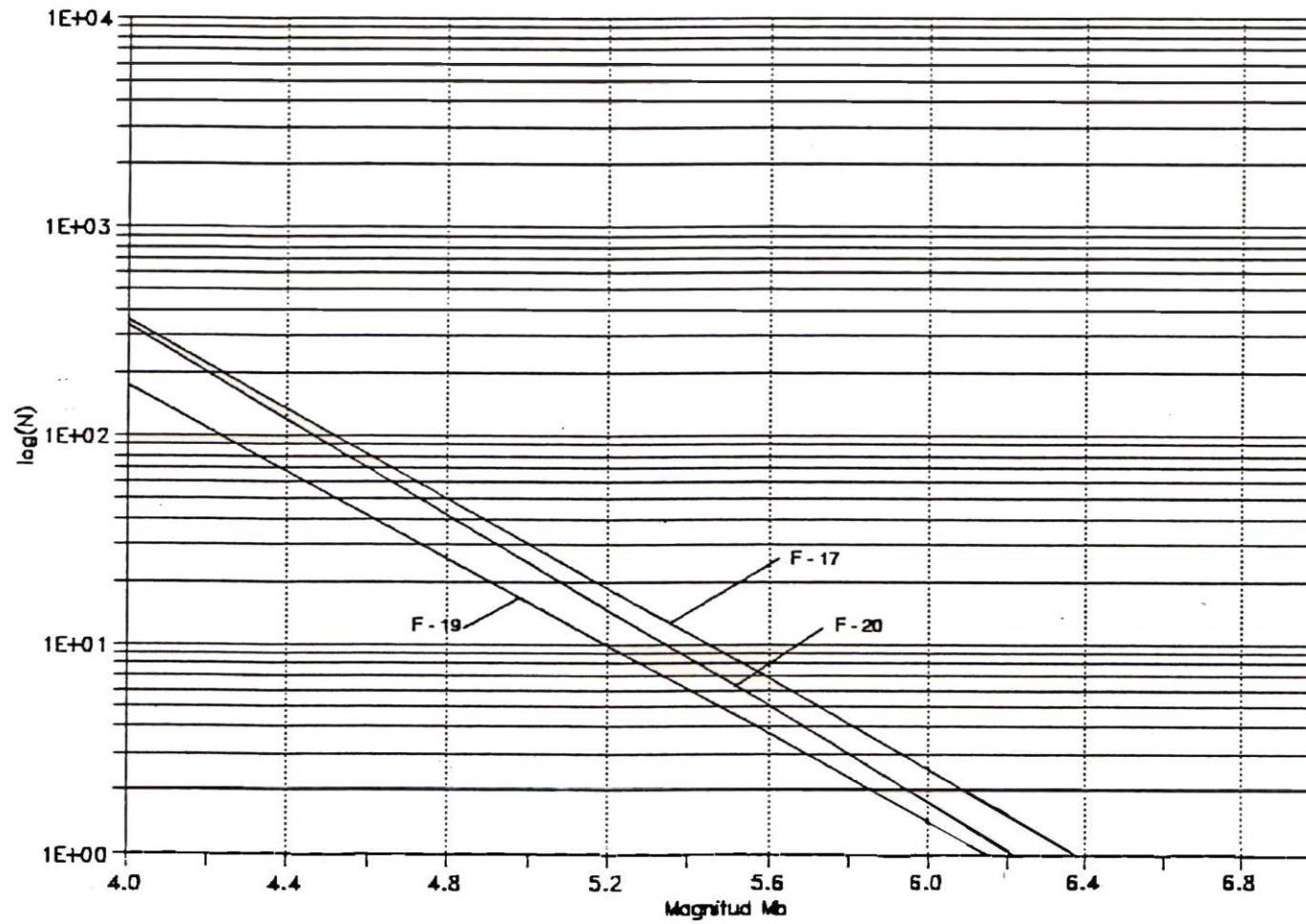
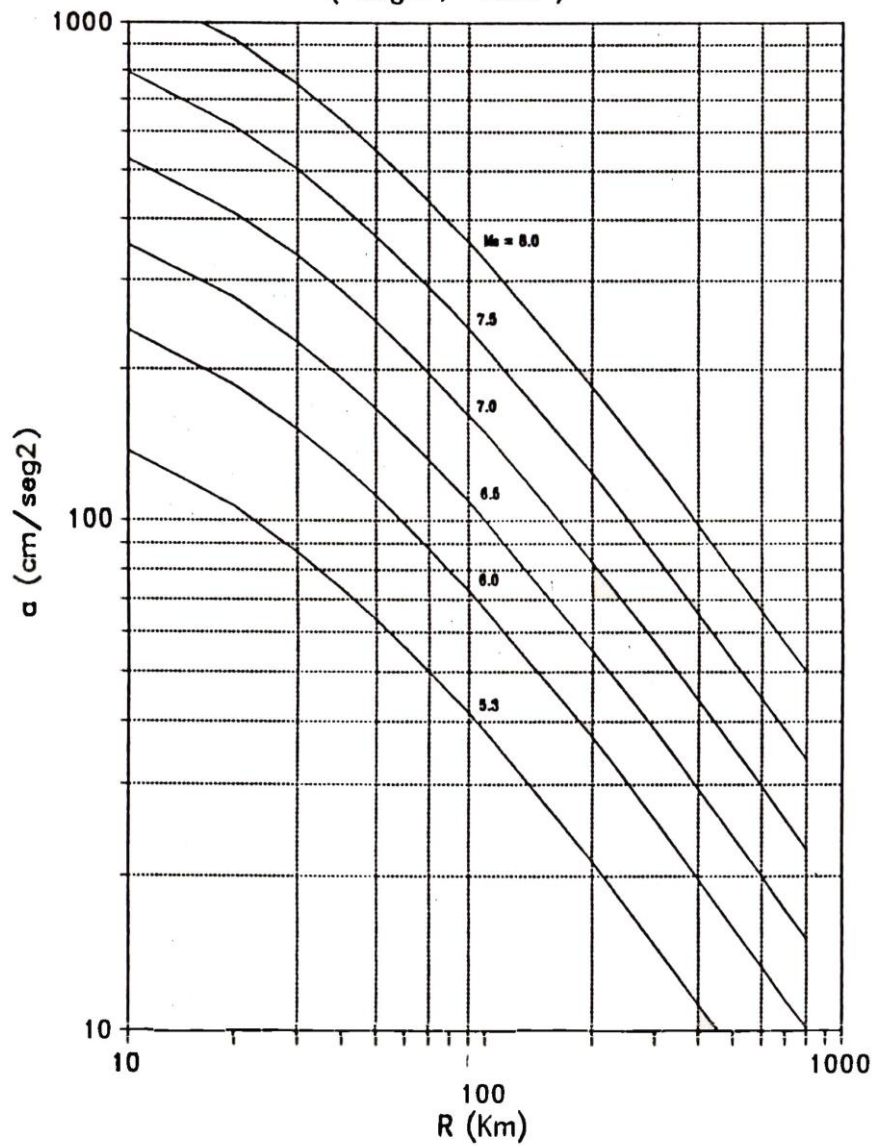


Fig. N° 5.11

ATENUACION DE LA ACELERACION MAXIMA DEL SUELO

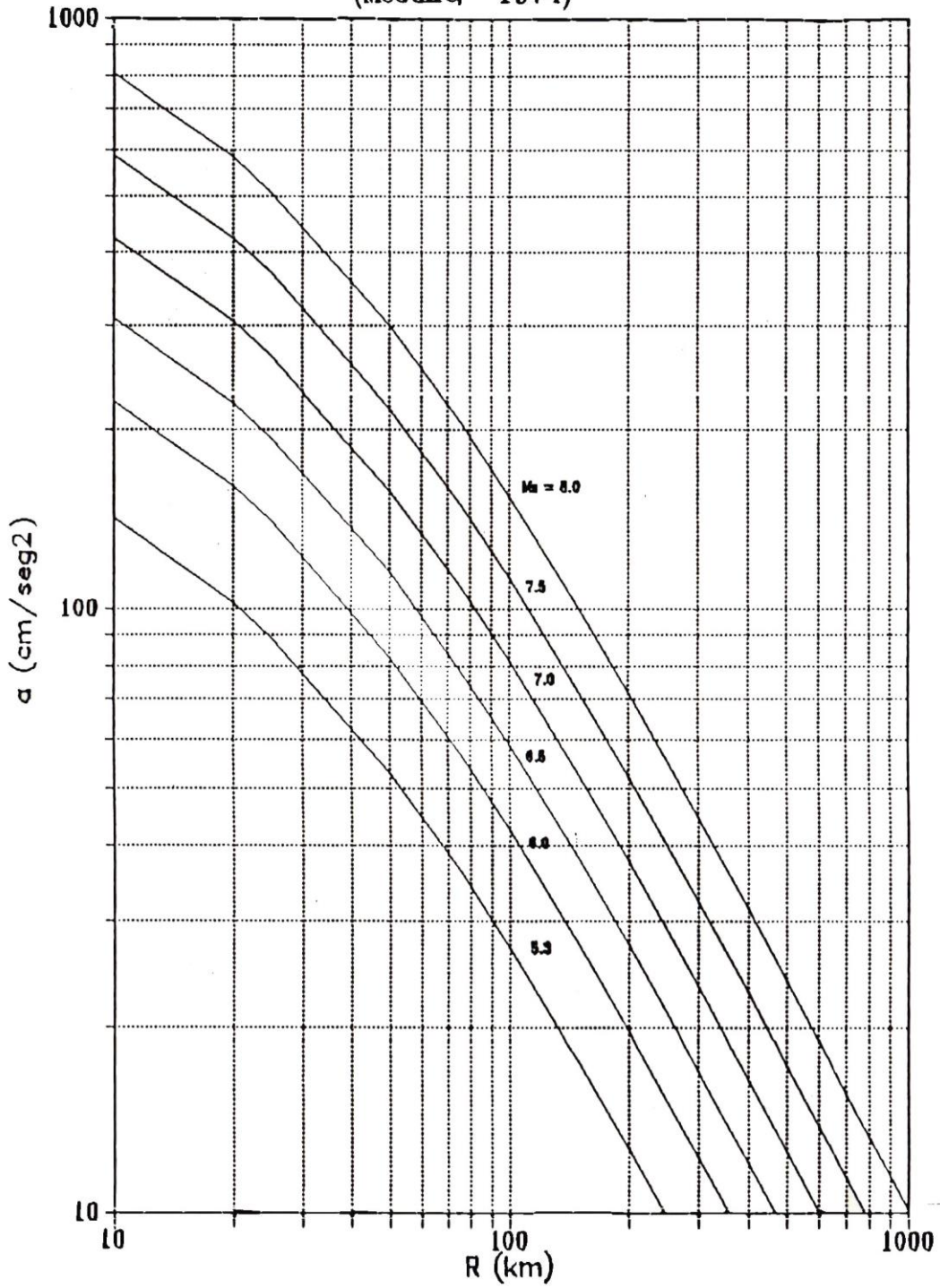
(Vargas , 1979)



$$a = 68.7 e^{0.8M} (R+25)^{-1}$$

Fig. N° 5.12

ATENUACION DE LA ACELERACION MAXIMA DEL SUELO
(McGuire, 1974)



$$a = 472 \times 10^{0.28 M_s} \times (R + 25)^{-1.3}$$

Fig. N° 5.13

PELIGRO SISMICO - CIUDAD DE HUARAZ
ACELERACIONES EN LA ROCA BASE

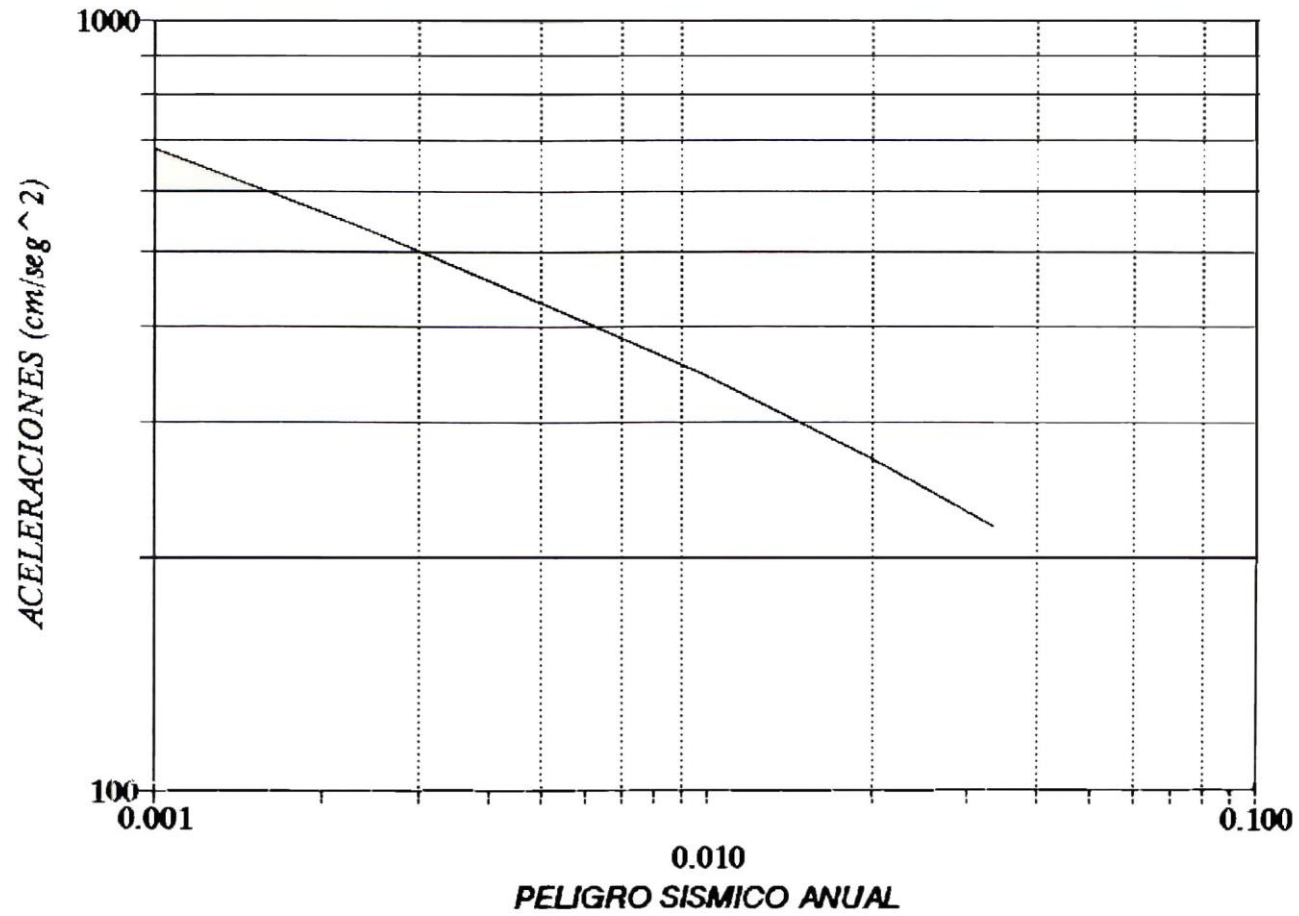


Fig. N° 5.14

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.-La ciudad de Huaraz ubicada en la margen derecha del río Santa, se encuentra sobre un material fluvioglacial, constituido por una mezcla de cantos y gravas angulares, así como de arenas y arcillas producto de un represamiento antiguo de este río. Afloramientos de rocas y coladas se presentan aisladamente hacia el Sur Este y flanco Occidental del río Santa formando una unidad estructural.
- 2.-La hidrología es heterogénea, la napa freática es alimentada por las filtraciones provenientes de las quebradas Bellavista y Rataquena y en especial por el cauce permanente Tajamar que se desplaza desde la planta de tratamiento de agua hasta el río Quilcay. El acuífero es de muy baja permeabilidad con valores de gradiente hidráulico de 0.042 en la Plaza de Armas y 0.034 en el sector Huarupampa.
- 3.-Debido al origen fluvioglacial-aluvional de los suelos de la ciudad de Huaraz, éstos presentan características geotécnicas heterogéneas, las que han sido puestas en evidencia con el sismo del 31 de Mayo de 1970, que ha generado grandes daños como consecuencia de las condiciones locales del suelo.
- 4.-En la presente investigación se han realizado una serie de exploraciones y ensayos complementarios que permitirán delimitar en forma más precisa las zonas geotécnicas propuestas en estudios anteriores.
- 5.-En el presente trabajo se ha dado inicio al monitoreo de la napa freática a través de la instalación de piezómetros. El registro y evaluación de esta información permitirá conocer la variación del nivel freático y su influencia en los suelos de cimentación.
- 6.-Los resultados de los ensayos de medición de microtrepidaciones en la ciudad de Huaraz varían entre 0.11 y 0.57 seg, los cuales evidencian la variabilidad de las características de los suelos que conforman esta ciudad.
- 7.-La historia sísmica del área de estudio indica una gran actividad sísmica en la costa del departamento de Ancash, la cual está ligada a la interacción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana. En la parte continental existe una cierta actividad sísmica superficial, la cual se incrementa en la zona subandina.
- 8.-La falla de la Cordillera Blanca representa un peligro potencial para la ciudad de Huaraz, pues aún cuando no se han registrado eventos sísmicos importantes asociados a ésta, se estima que puede provocar eventos de magnitud hasta 7.4 Ms. En consecuencia se debe realizar estudios que permitan conocer mejor la actividad y recurrencia de esta falla.
- 9.-Según el análisis de Peligro Sísmico para la ciudad de Huaraz se recomiendan valores de aceleración máxima de 0.50 g para el Sismo Extremo y de 0.40 g para el Sismo de Operación. Para la aceleración efectiva se recomiendan valores de 0.33 g para el Sismo Extremo y de 0.27 g para el Sismo de Operación. Estos valores corresponden a suelo firme y no reflejan la amplificación local del suelo en caso de existir.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- 1) Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- 2) Arévalo E., (1984), "Riesgo Sísmico del Departamento de Ancash" Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- 3) Berrocal J., (1974), "South American Seismotectonics from SAAS data", Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy in the University of Edinburg.
- 4) Berrocal J., Deza E. y Shikiya J. (1975), "Estudio de Sismicidad para el Proyecto de Derivación del Río Mantaro a Lima", Informe del Instituto Geofísico del Perú a ELECTROPERU S.A.
- 5) Casaverde L. y Vargas J. (1980), "Zonificación Sísmica del Perú", II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente, Organización de Estados Americanos y Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- 6) Cornell A. (1968), "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of the Seismological Society of America", Vol 58, N°5 págs. 1538-1606.
- 7) Deza E. y Carbonell C. (1978), "Regionalización Sismotectónica Preliminar del Perú", IV Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú.
- 8) Deza E., Huaco P. y Jaén H. (1982), "Evaluación del Riesgo Sísmico de la Ciudad de Trujillo", Informe presentado a la Dirección Regional de Vivienda y Construcción del Organismo de Desarrollo de la Libertad, Instituto Geofísico del Perú.
- 9) Isacks B., Oliver J. y Sykes L.R., (1968), "Seismology and Global Tectonics", Journal of Geophysical Research, Vol 73, N°18, págs. 5855-5899.
- 10) McGuire R. (1976), "Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis", Open-File Report 76-67, U.S. Geological Survey.
- 11) Meneses J. (1985), "Evaluación de Acelerogramas y Determinación de Espectros de Respuesta en Lima". Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- 12) Patwardhan A., Sadigh K, Idriss I. y Youngs R. (1978), "Attenuation of Strong Motion Effect of Site Conditions, Transmission Path Characteristics and Focal Depths", Submitted to the Bulletin of Seismological Society of America.
- 13) Richter C.F. (1958), "Elementary Seismology", W.H. Freeman Co., San Francisco.
- 14) Ruesta P., Díaz J. y Alva Hurtado J.E. (1988), "El Coeficiente Sísmico en el Diseño de Presas de Tierra y Enrocado", VII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Huaraz.
- 15) Sebrier M., Huamán D., Blanc J.L, Macharé J., Bonnot D. y Cabrera J. (1982), "Observaciones acerca de la Neotectónica del Perú", Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.
- 16) Seed H., Ugas C. y Lysmer J. (1974), "Site-dependent Spectra for Earthquake Resistant Design", EERC-74-12, University of California, Berkeley, November.
- 17) Silgado E. (1978), "Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, Boletín N°3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú.

- 18) SISRA (1995), "Catálogo de Terremotos para América del Sur" Volúmenes 7a, 7b y 7c, Proyecto SISRA, Centro Regional de Sismología para América del Sur. Lima, Perú.
- 19) Slemmons D. (1982), "Magnitude of Active Faults", U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, U.S.A.

HISTORIA SISMICA DEL AREA DE INFLUENCIA
PARA LA ZONA EN ESUDIO

Sismo del 9 de Julio de 1586, a las 19:00 horas. Terremoto que destruyó Lima, fue sentido desde Trujillo hasta Caravelí, también fue sentido en Huánuco y Cusca, y posiblemente en lugares intermedios; por 60 días se dejaron sentir las réplicas.

Sismo del 11 de Febrero de 1619, a las 11:30 horas. Terremoto que destruyó la ciudad de Trujillo; fue sentido a 2000 km al norte y a más de 600 km al sur. En la ciudad de Lima se le sintió como fuerte temblor que causó la salida de la gente de sus casas.

Sismo del 6 de Enero de 1725, a las 23:25 horas. Terremoto que ocasionó diversos daños en la ciudad de Trujillo; en los nevados de la Cordillera Blanca originó la rotura de una laguna glaciaria, la cual desbordándose, arrasó un pueblo cercano a Yungay, muriendo 1,500 personas, el sismo fue sentido en Lima.

Sismo del 28 de Octubre de 1716, a las 22:30 horas. Terremoto que causó muchos daños y 1,111 muertos en Lima; hubo tsunami en el Callao. Probable intensidad en Lima X MMI, fue sentido desde Guayaquil, Maraón, hasta el Cusco y Tacna.

Sismo del 11 de Marzo de 1717, a las 13:30 horas. Sismo destructor en Tauca, Conchucos. Causó muertos y se registraron daños en Corongo.

Sismo del 2 de Enero de 1902, a las 09:08 horas. Fuerte y prolongado movimiento de tierra en Casma y Chimbote, donde causó alarma, se le sintió desde Paita hasta Lima.

Sismo del 1 de Marzo de 1901, a las 5:17 horas. Fuerte movimiento sísmico en la ciudad de Lima (intensidad aproximada: VIII MMI), fue sentido en Casma, Trujillo, Huánuco, Pisco y Ayacucho.

Sismo del 20 de Mayo de 1917, a las 23:16 horas. Fuerte temblor en la ciudad de Trujillo, causó daños en edificios públicos, el sismo se sintió fuerte en Chimbote y Casma.

Sismo del 11 de Marzo de 1926, a las 6:20 horas, Fuerte sismo en la ciudad de Lima, se produjeron derrumbes en la ruta del Ferrocarril Central.

Sismo del 19 de Enero de 1932, a las 21:33 horas. Violento sismo que causó muchos daños en Trujillo y Lima. Se estima una intensidad de VII MMI, en Lima.

Sismo del 5 de Marzo de 1935, a las 17:35 horas. Fuerte sismo sentido en la costa peruana, entre las latitudes 5" y 11". Causó muchos daños en Trujillo, ligeros daños en Cutervo, Cajamarca, Chimbote y Casma; sentido en todas las poblaciones del Callejón de Huaylas hasta Chiquián, lo mismo que en Celendín, San Marcos y Pomabamba.

Sismo del 21 de Diciembre de 1937, a la 1:23 horas. Terremoto en las vertientes orientales de la Cordillera Central; en el Valle de Chontabamba, fueron 311 casas completamente destruidas; el movimiento sísmico fue sentido en San Ramón, La Merced, Pozuzo y Tarma.

Sismo del 21 de Mayo de 1910, a las 11:35 horas. Terremoto de grado VII MMI en Lima, fue sentido desde Guayaquil en el Norte y Arica en el Sur; hubo tsunami; causó 179 muertos y 3,500 heridos. Causó una intensidad de VI MMI en el Callejón de Huaylas.

Sismo del 10 de Noviembre de 1916, a las 12:53 horas. Terremoto ocurrido en la provincia de Pallasca y Pomabamba, asociado a un visible caso de dislocación tectónica, causó 1,396 víctimas. El movimiento sísmico tuvo un área de percepción de 150,000 km². La región epicentral situada entre las coordenadas 8.10° a 8.26° de latitud Sur y 77.27° a 77.52° de longitud Oeste fue el escenario de grandes efectos destructores, en donde ocurrieron transformaciones topográficas y derrumbes en la parte alta del pueblo de Quiches, donde se produjo una escarpa de falla de 10 km de longitud con rumbo promedio de N 12°W con buzamiento del plano de dislocación de 58°SW. Grandes derrumbes se produjeron en las quebradas de Pelagatos, Shuitococha, Llama y San Miguel, que ocasionaron represamientos. Se produjeron numerosos agrietamientos en el terreno cerca de Quiches, Mayas, Huancabamba, Conchucos y Citabamba. Su efecto en las construcciones fueron grandes, en el material de adobe y tapial de las edificaciones de Quiches, Sihuas, Mayas y Conchucos.

Sismo del 23 de Junio de 1951, a las 20:37 horas. Originado en el Océano frente a las costas del litoral Norte, causó una intensidad de V MMI en Pacasmayo; sentido en Cajamarca y en todo el Callejón de Huaylas.

Sismo del 17 de Febrero de 1956, a las 20:37 horas. Temblor sentido en todas las poblaciones de los departamentos de La Libertad y Ancash, fue sentido con una intensidad de V MMI en la ciudad de Chimbote.

Sismo del 18 de Febrero de 1956, a las 11:15 horas. Movimiento destructor que causó numerosos agrietamientos en las construcciones de adobe de la ciudad de Casma y deterioros en la Catedral de Huaraz y deslizamiento en el asiento minero de Quiruvilca.

Sismo del 17 de Setiembre de 1963, a las 11:30 horas. Movimiento sísmico destructor en los pueblos de la Cordillera Negra, causó fuertes daños en los pueblos de Huayllacayán, Cajacay, Malvas, Coparaco, Cajamarquilla, Ocro, Raquia, Congas, Llipos, muchas averías en los canales de regadío. En Huaraz se produjeron daños en varias construcciones, con caída de tejas y carnizas, destruyó viviendas antiguas en el Puerto de Huarmey, algunas rajaduras en inmuebles antiguos del norte de la ciudad de Lima, sentido con fuerte intensidad en Chimbote y Salaverry.

Sismo del 17 de Octubre de 1966, a las 16:11 horas. Fue uno de los más destructores ocurridos después del sismo de 1910. Fue destructor a lo largo de la franja litoral entre Lima y Supe. La intensidad máxima se estimó en VIII MMI. La Aceleración producida en Lima fue de 0.1 g.

Sismo del 31 de Mayo de 1970, a las 15:23 horas. Fue uno de los más catastróficos ocurridos en el Perú, murieron 50,000 personas, desaparecieron 20,000 y quedaron heridos 150,000 según informe de CRYRZA.

Con la evaluación de daños que esta entidad realizó podemos tener una idea de la catástrofe:

- 60,000 viviendas necesitan reconstrucción.
- 38 poblaciones fueron afectadas, 15 quedaron con viviendas destruidas en más del 80%, el resto sufrió daños de consideración.
- En 18 ciudades con un total de 309,000 habitantes, los alcantarillados quedaron destruidos.
- 6,730 aulas fueron destruidas.
- La capacidad de energía eléctrica de Ancash y La Libertad quedó reducida a un 10%, por la serie de daños causados en la Central Hidroeléctrica de Huallanca.
- Quedaron dañadas las facilidades para irrigar 110 mil Has.
- El 77% de los caminos de La Libertad y Ancash se interrumpieron, así como el 10% de los existentes en Chancay y Cajatambo.

Dentro de las características del sismo, se puede mencionar que en la zona de la costa cercana al epicentro, se produjeron un fenómeno de licuación; deslizamiento de los taludes de la Cordillera y el gran aluvión que arrasó con la ciudad de Yungay al desprenderse la carniza Norte del Nevado Huascarán, arrastrando piedras, nieve y lodo.

En el Callejón de Huaylas los deslizamientos y escarpas fueron muchos, a la altura de Recuay se represó el río Santa, en la zona de la costa se agrieta el suelo con eyección de agua, arena y lodo, hasta una altura de un metro.

El sismo fue sentido desde Tumbes hasta lea y desde la costa hasta Iquitos, produciéndose intensidades de IX en Casma y Chimbote y VII en el Callejón de Huaylas.

Sismo del 5 de Mayo de 1971, a las 12:00 horas. Violento sismo local que sacudió la provincia de Sihuas. Por los deslizamientos a consecuencia del sismo, en Chingalpo y Quiches murieron 5 personas y 30 quedaron heridas. El sismo tuvo su origen en el mismo foco del terremoto de 1916.

Es el último sismo significativo en el Perú y tuvo una IX MMI y tuvo una intensidad de VI a IX MMI y una magnitud de 6,6. En la ciudad de Lima, el sismo se sintió con grado IX y tuvo el una duración de 35 segundos, ocasionando daños de materiales.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

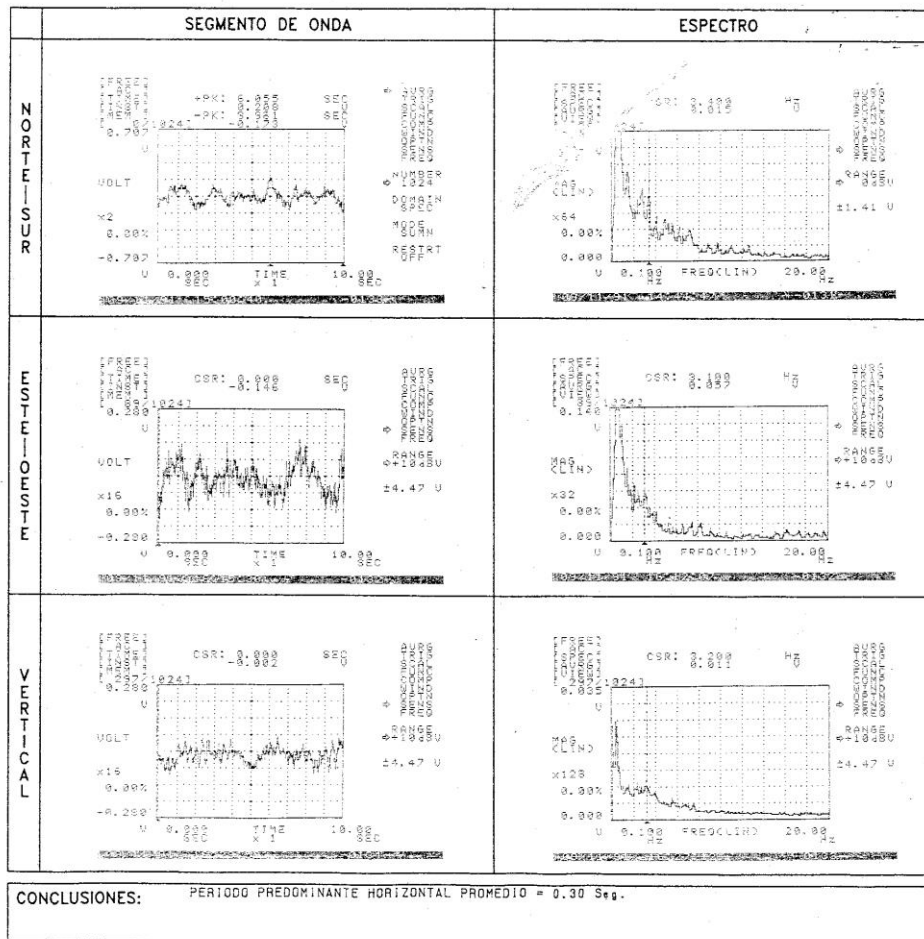
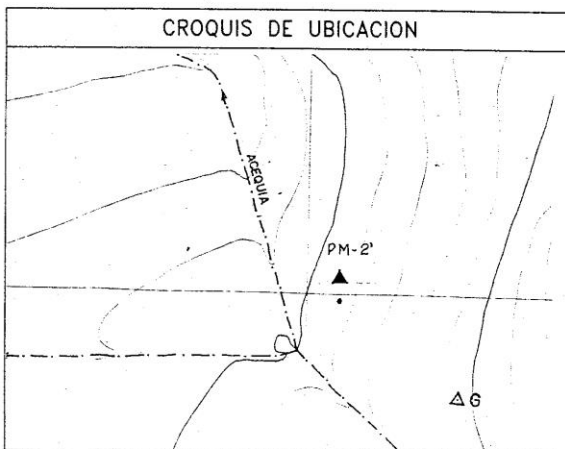
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-2'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 18-08-91	Operador: M.C.C.V. Punto def.: PM-2'
Ubicación: UNASAM - Shaooyan.	
MEDICION	
Cassette N°	111
Hora	13:08
Tiempo grabado	05'04"
Tiempo útil	01'01"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Fuerte interferencia de viento. Fuerte sol.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

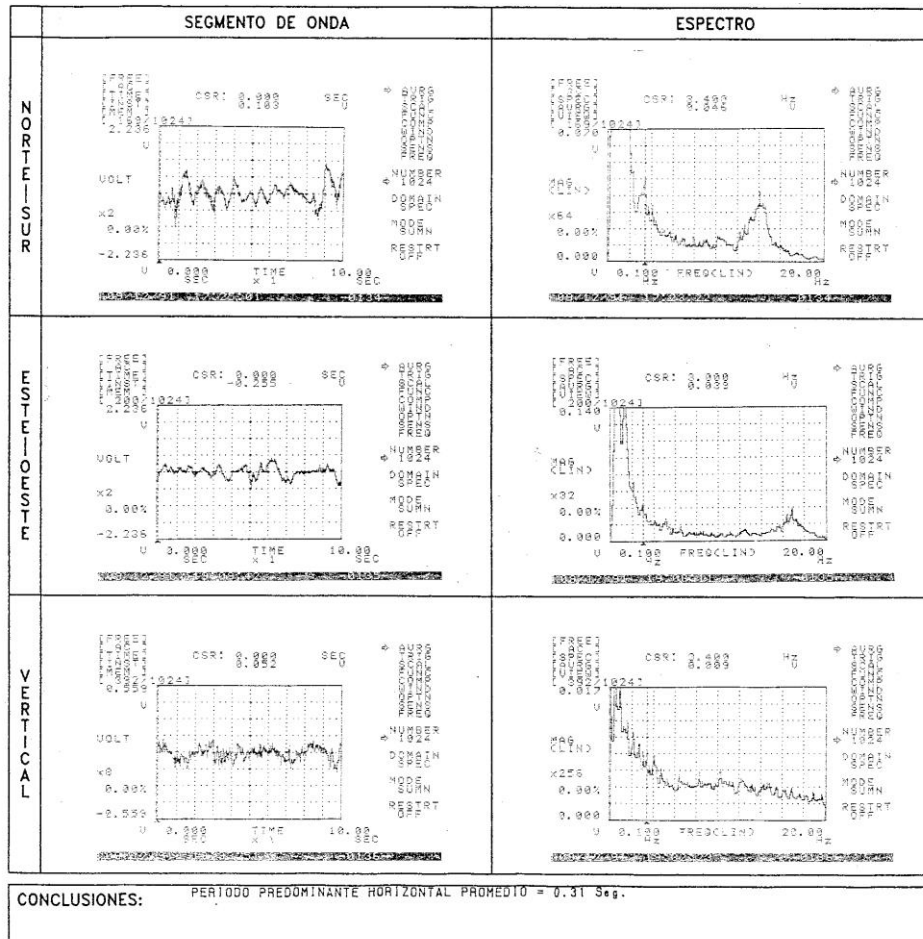
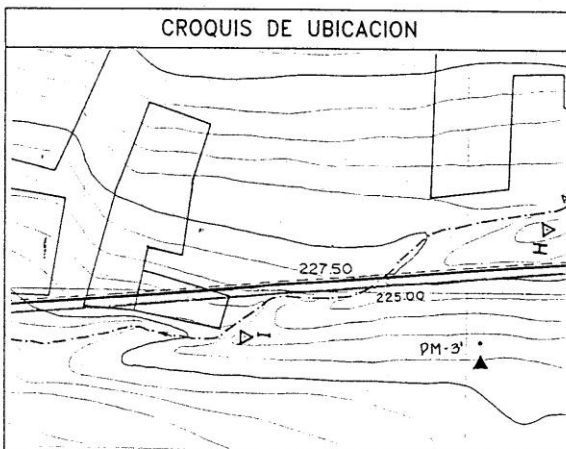
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-3'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 18-09-91	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-3'	
Ubicación: UNASAM - Shancayán.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassete N°	111	Componente	dB
Hora	13:27	N-S	0
Tiempo grabado	08'01"	E-O	0
Tiempo útil	01'38"	V	0
Observaciones: Interferencia de viento (de moderado a fuerte). Esporádico tránsito peatonal.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES

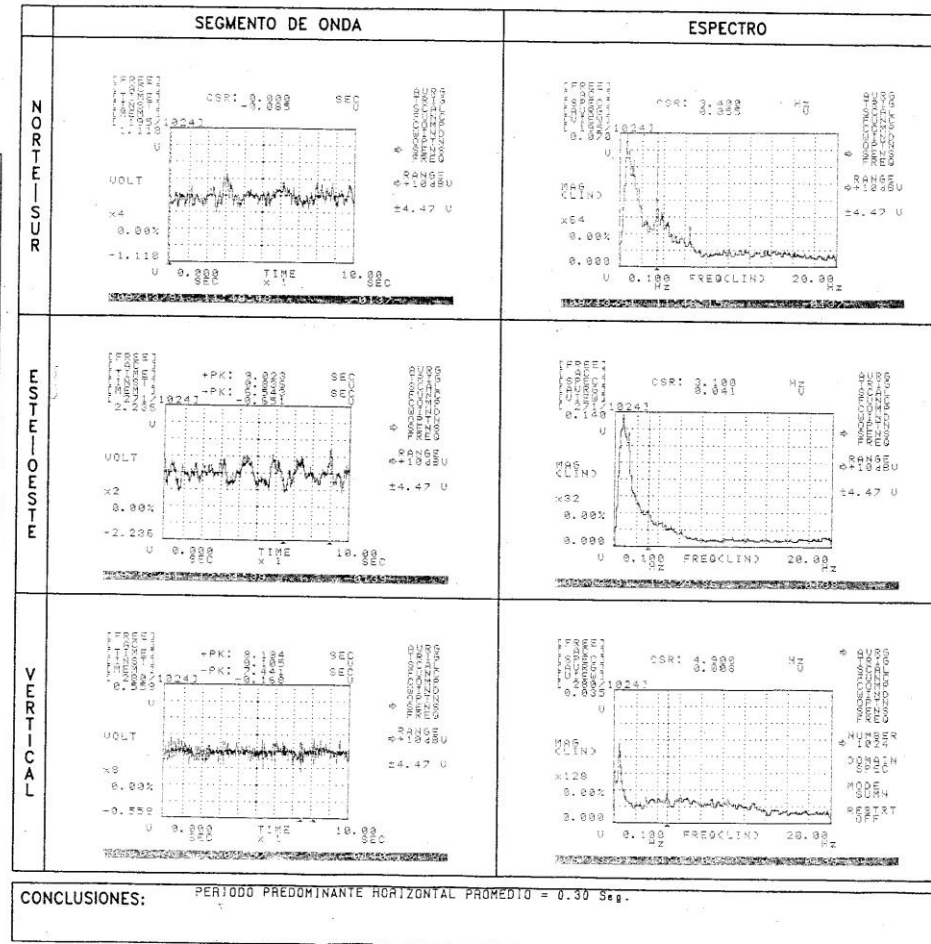
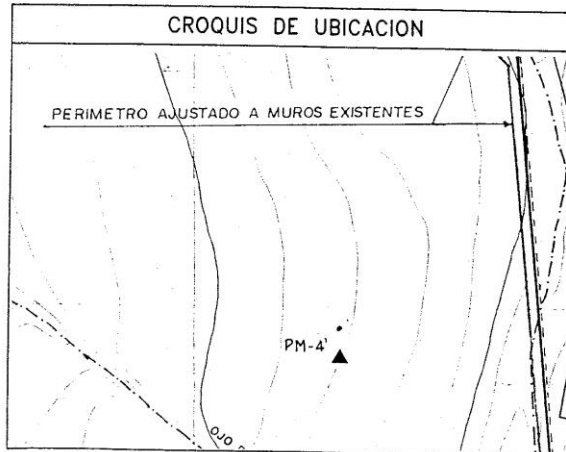


HUARAZ
PM-4'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 18-08-91	Operador: M.C.C.V. Punto def.: PM-4'
Ubicación: UNASAM - Shancayan.	
MEDICION	
Cassette N°	111
Hora	13:58
Tiempo grabado	08'28"
Tiempo útil	01'37"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones:	Interf. de viento (de moderada a fuerte). Animales pastando ceros.

CROQUIS DE UBICACION





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

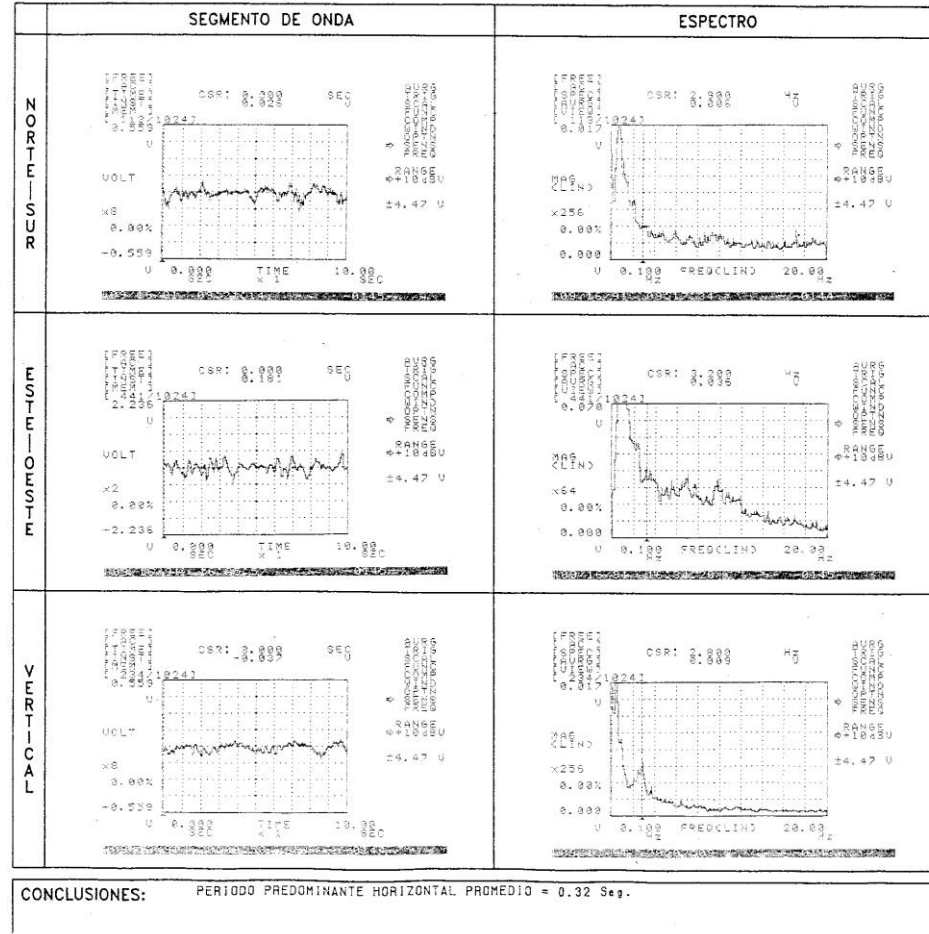
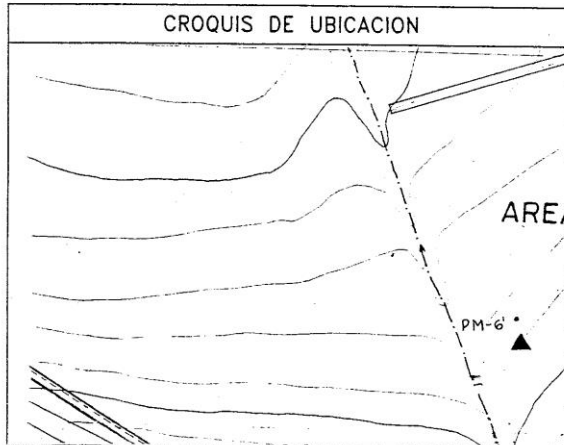
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-6*

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 18-09-91	Operador: H.C.C.V. Punto def.: PM-6*
Ubicación: UNASAM - Shancayan.	
MEDICION	
Cassette N°	111
Hora	14:41
Tiempo grabado	06*35"
Tiempo útil	01*42"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Interf. fuerte de viento. Tractor trabajando a 100m. de la medición.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

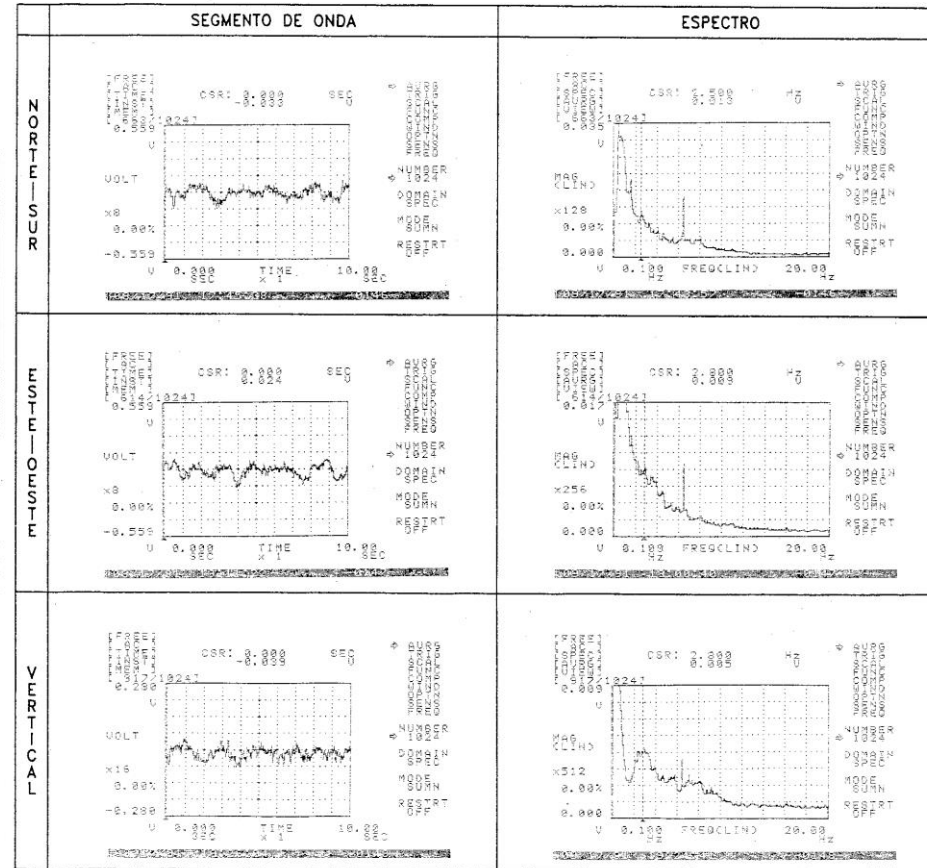
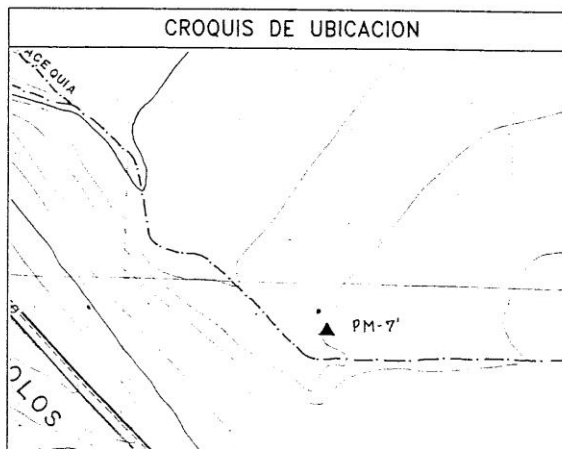
CENTRO PERUANO-JAPONES
 DE INVESTIGACIONES SISMICAS
 Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
 PM-7'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
 UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
 CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 18-09-91	Operador: D.T.M. Punto def.: PM-7'
Ubicación: UNASAM - Shancayan.	
MEDICION	
Cassette N°	III
Hora	15:12
Tiempo grabado	08'30"
Tiempo útil	04'45"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Fuerte interferencia de viento por momentos. Esporádico tránsito peatonal.	



CONCLUSIONES: PERIODO PREDOMINANTE HORIZONTAL PROMEDIO = 0.38 Seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

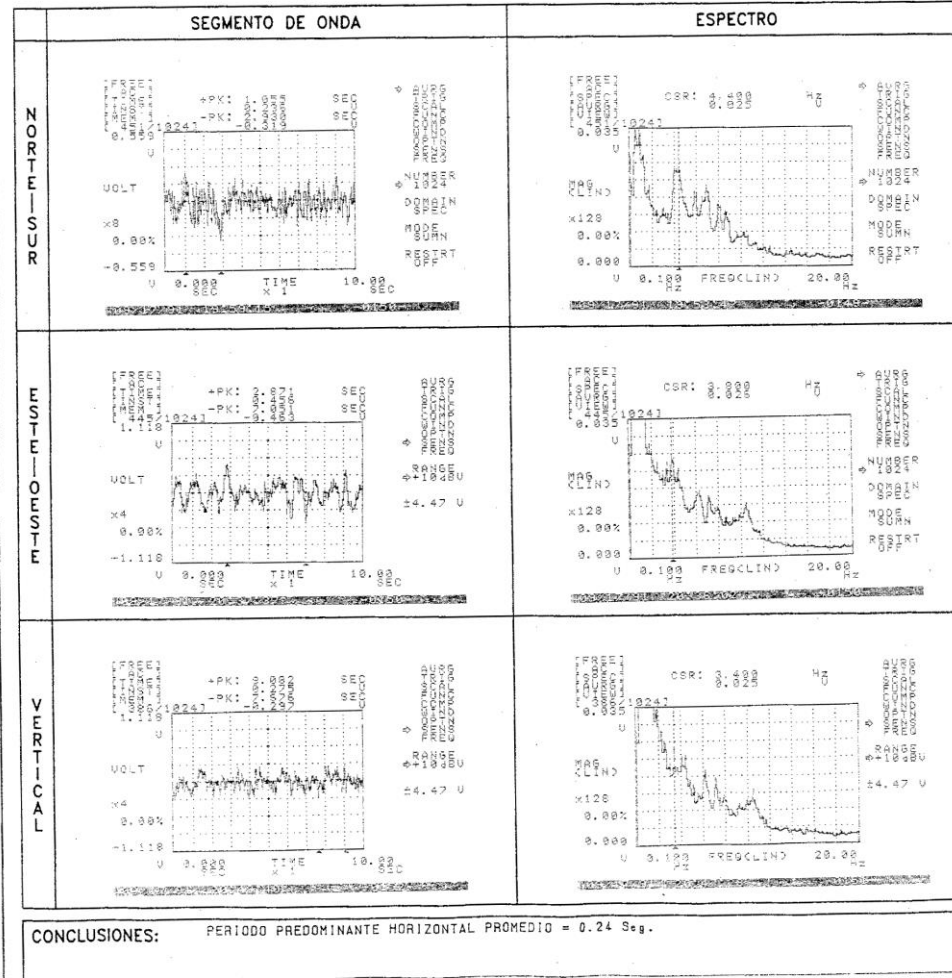
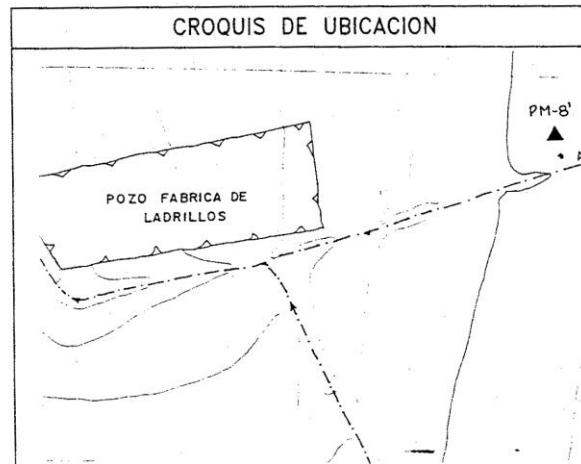
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-8'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 18-09-91	Operador: M.C.C.V. Punto def.: PM-8'
Ubicación: UNASAM - Shancayan.	
MEDICION	
Cassette N°	111
Hora	15:44
Tiempo grabado	07'30"
Tiempo útil	02'46"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Interf. fuerte de viento. Motor trabajando a 110w. Confección de ladrillos a 80 w.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

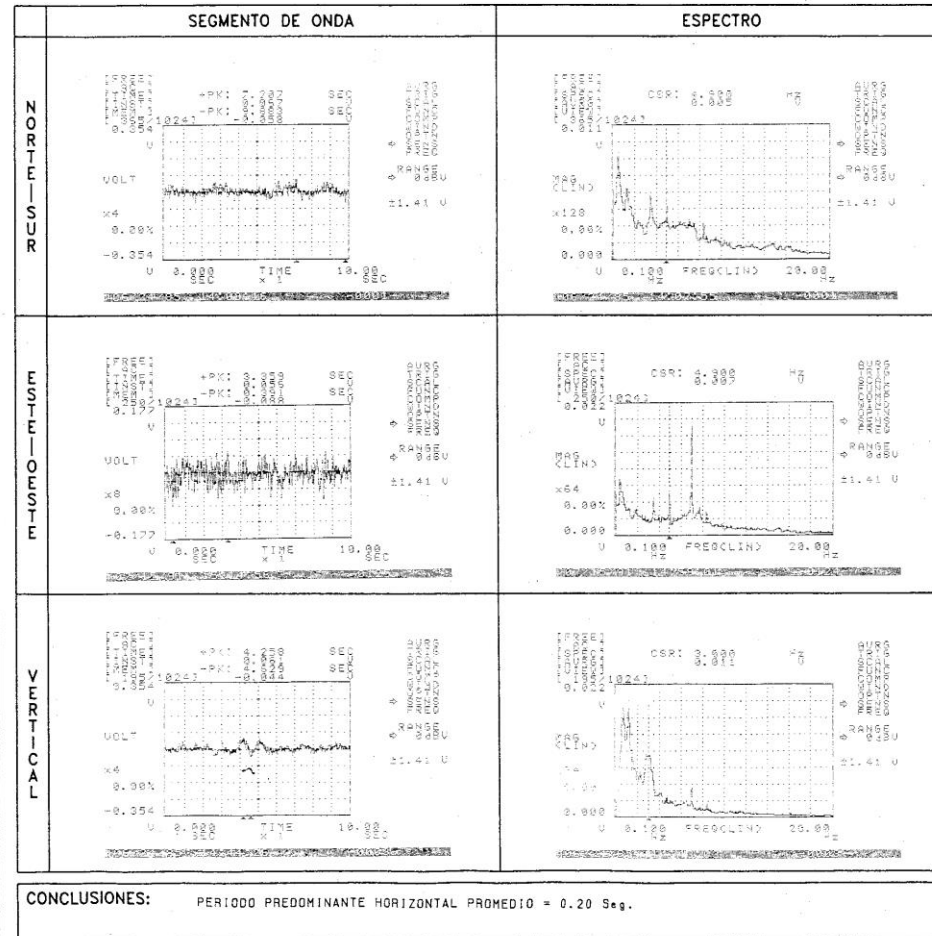
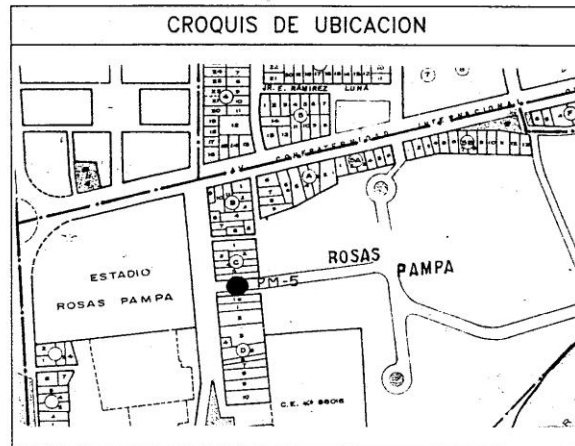
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-5

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 13-06-91	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-5	
Ubicación: Frente al estadio. Urb. Rosas Pampa.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	1-09*	Componente	dB
Hora	22:14	N-S	0
Tiempo grabado	03'30"	E-O	0
Tiempo útil	01'45"	V	0
Observaciones: Se desconoce procedencia de interferencia percibida.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

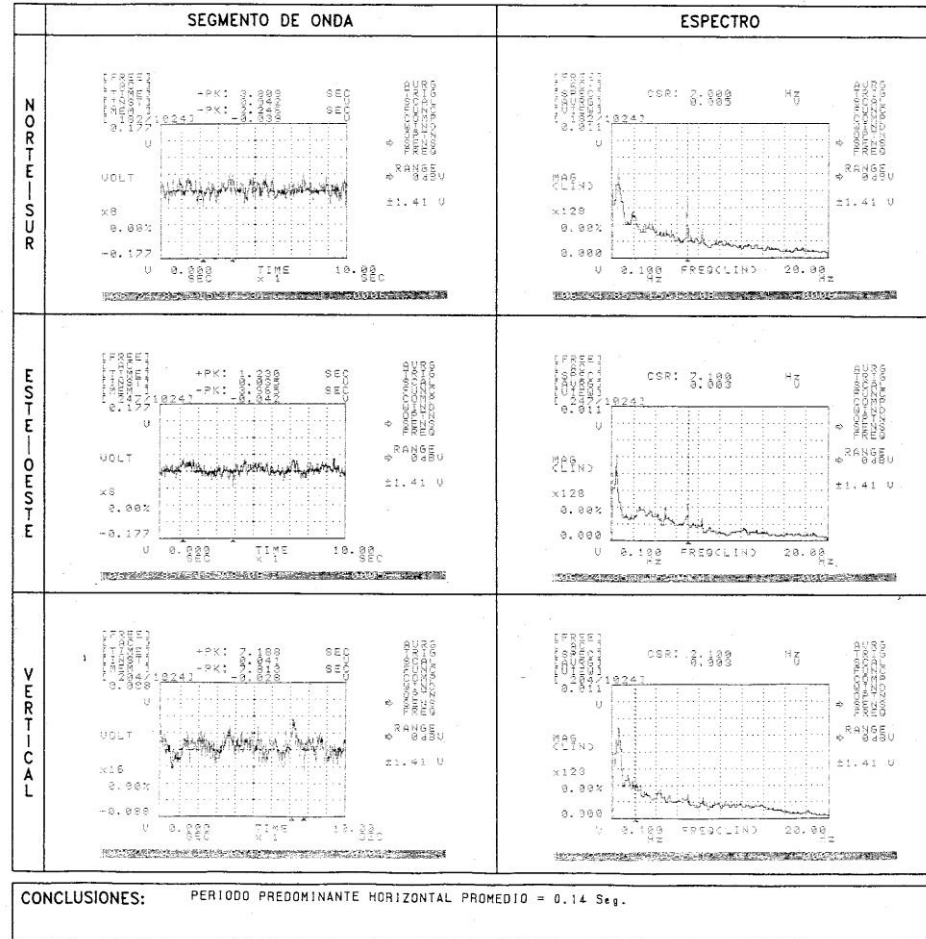
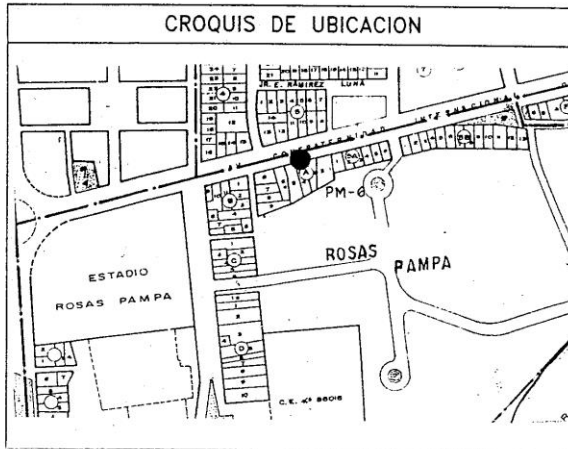
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-6

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 13-08-91	Operador: M.C.C.V.	Punto def.: PM-6	
Ubicación: Frente a la Pza. Bolívar-Av. Conf. Internac.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	I-11'	Componente	dB
Hora	22:32	N-S	0
Tiempo grabado	03'00"	E-O	0
Tiempo útil	01'22"	V	0
Observaciones: Carre fuerte viento. Muy poca interferencia vehicular.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

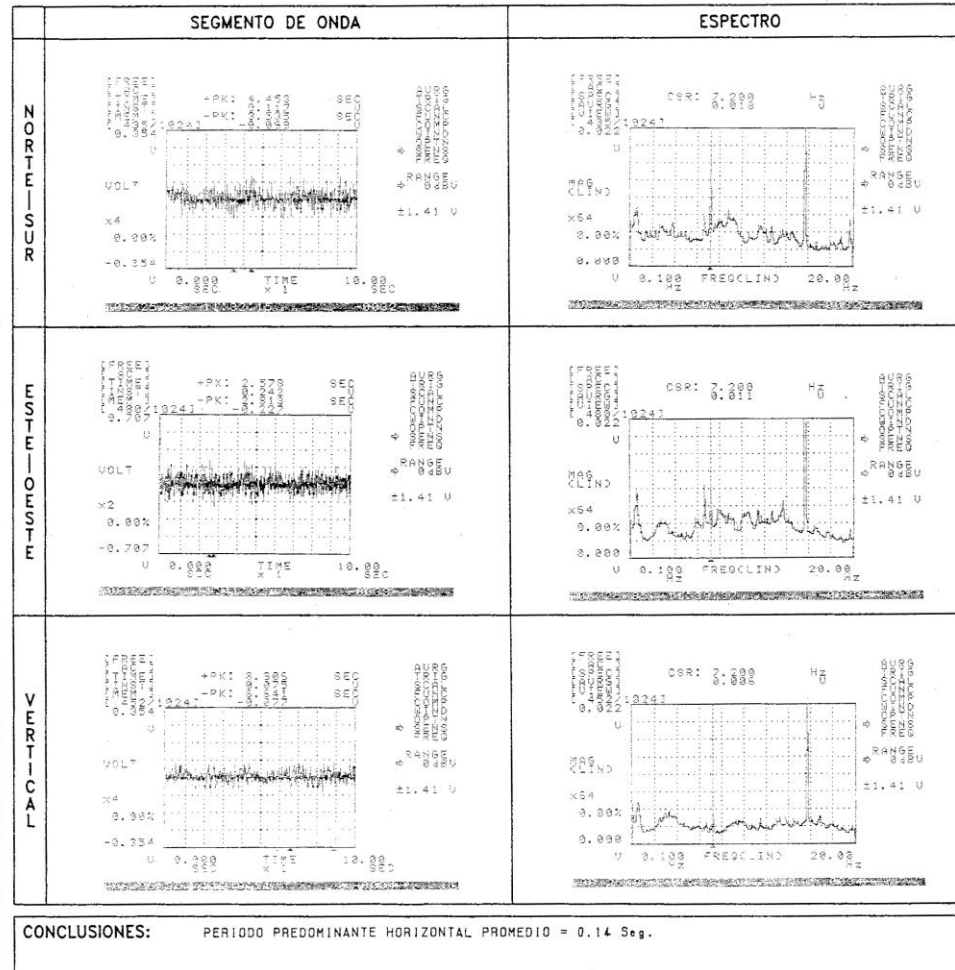
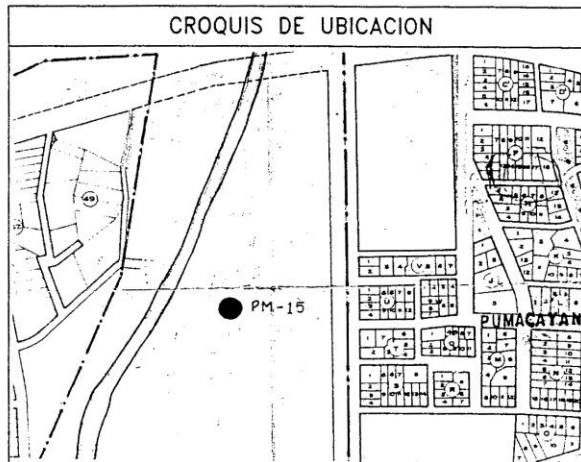
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-15

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

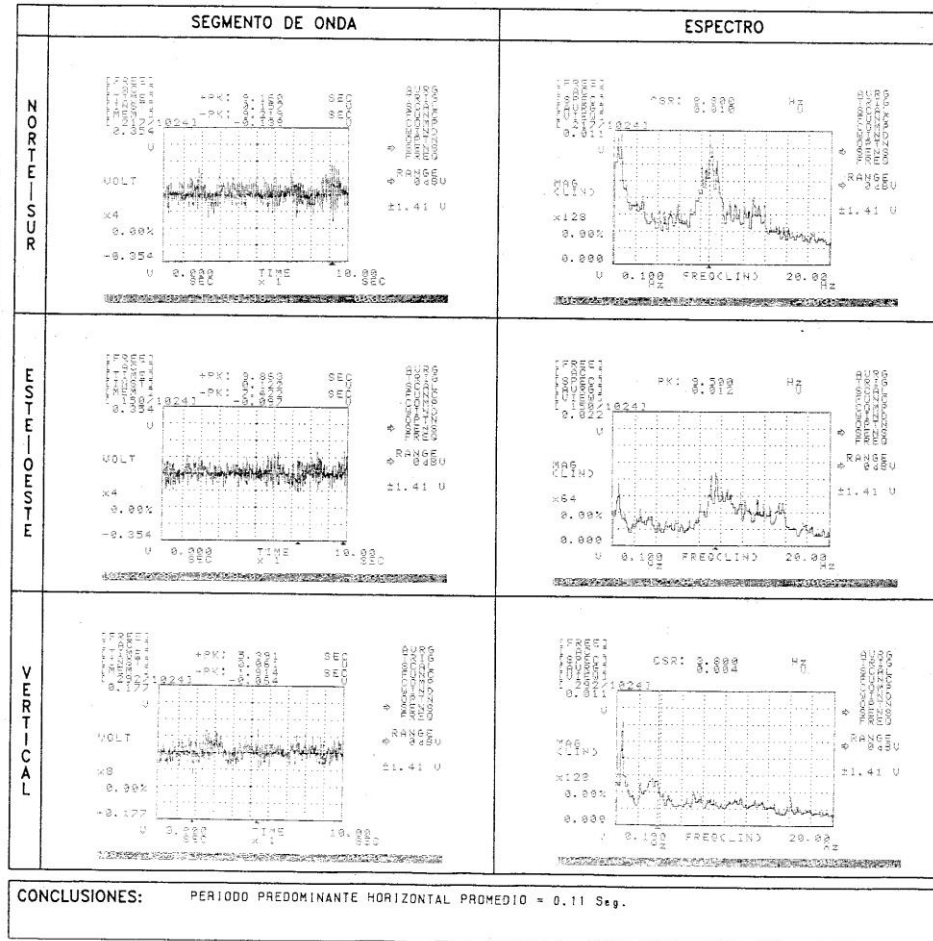
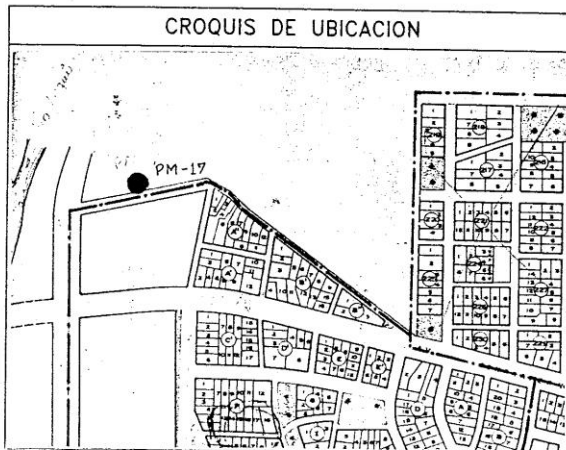
Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 14-08-91	Operador: M.C.C.V. Punto def.: PM-15		
Ubicación: Calle Bello Horizonte Cdra.1.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassete N°	1-17	Componente	dB
Hora	08:25	N-S	0
Tiempo grabado	04'30"	E-O	0
Tiempo útil	02'57"	V	0
Observaciones:	Interferencia de tránsito peatonal y motorizado liviano y pesado.		





SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

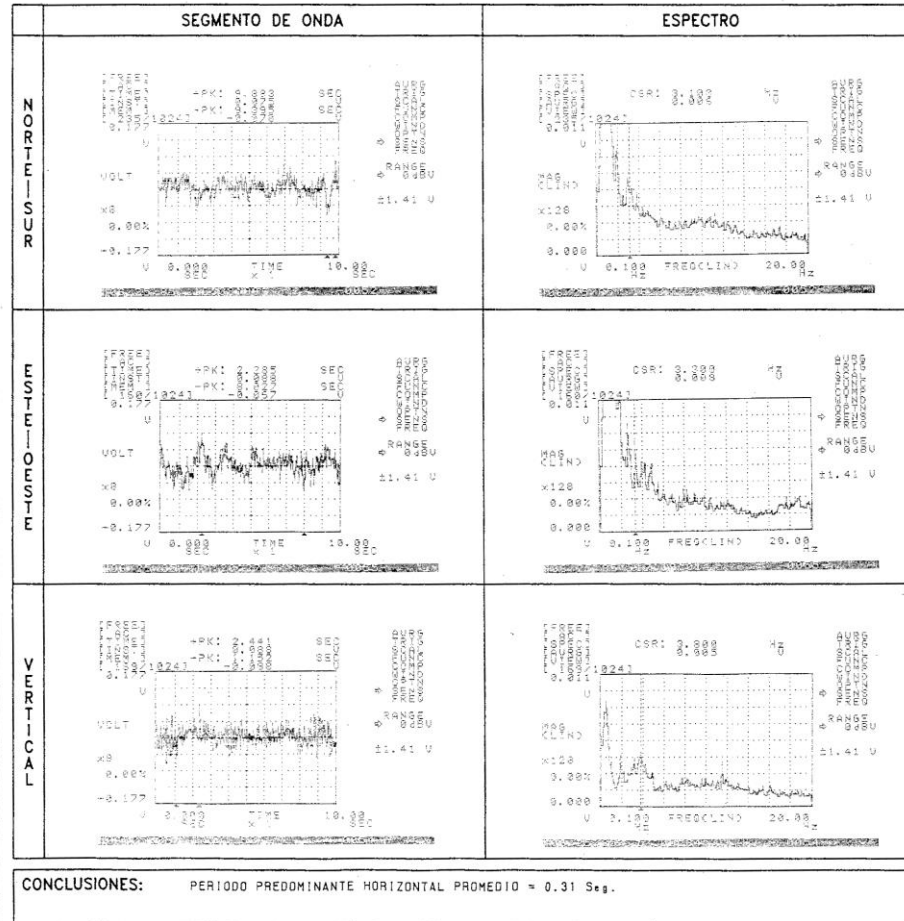
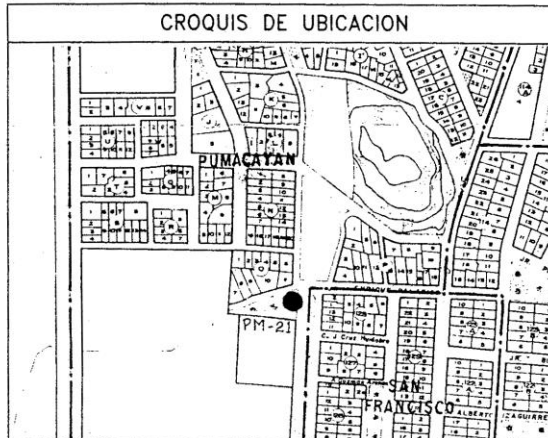
Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 14-06-91	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-17	
Ubicación: Prolong. Jose Antonio. detras de la ONA			
MEDICION		ATENUACION	
Cassete N°	1-21	Componente	dB
Hora	10:15	N-S	0
Tiempo grabado	03'30"	E-O	0
Tiempo útil	01'25"	V	0
Observaciones:	Interferencia de niños corriendo y paso de un camión cerca a los sensores.		





SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 14-06-91	Operador: M.C.C.V.	Punto def.: PM-21	
Ubicación: Parque que da a la Alameda Grau.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	1-30	Componente	dB
Hora	11:30	N-S	0
Tiempo grabado	06'30"	E-O	0
Tiempo útil	01'13"	V	0
Observaciones: Fuerte Interf. de viento, tránsito peatonal y vehicular.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

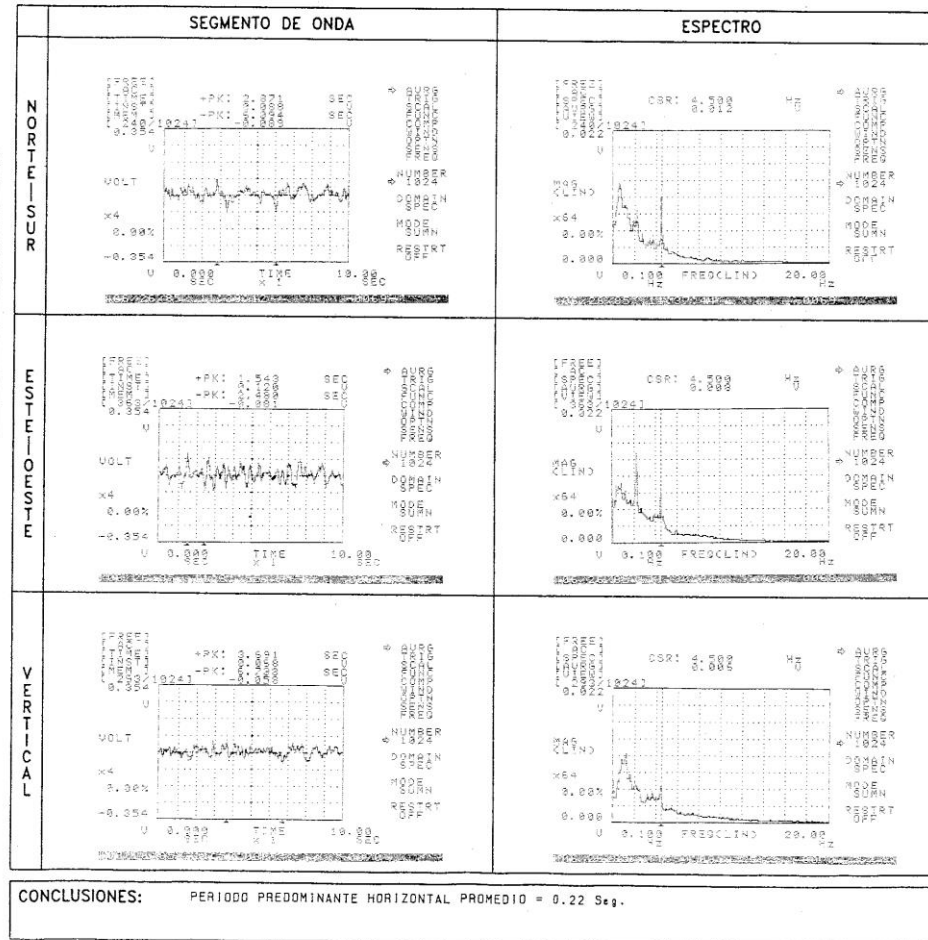
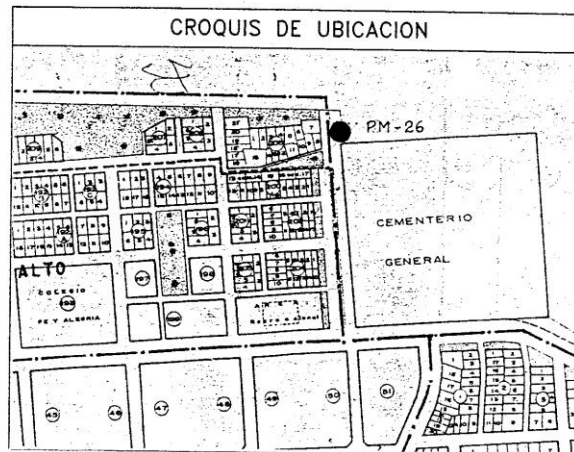
CENTRO PERUANO-JAPONES
 DE INVESTIGACIONES SISMICAS
 Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
 PM-26

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
 UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
 CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

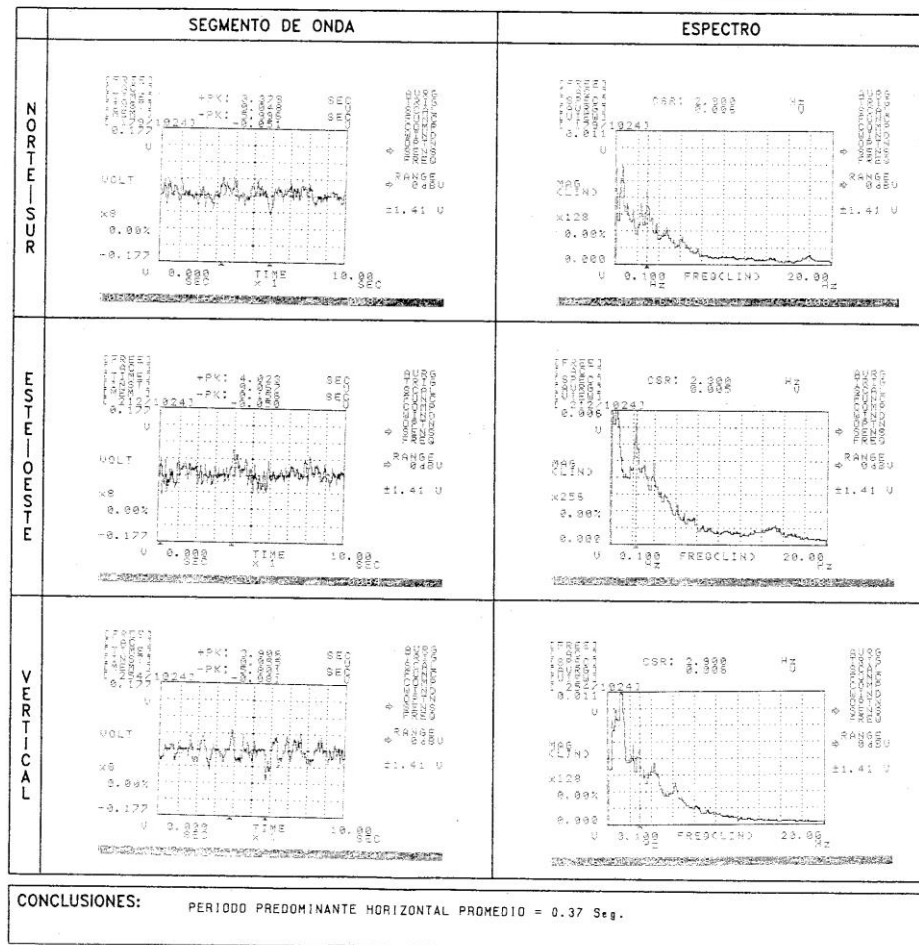
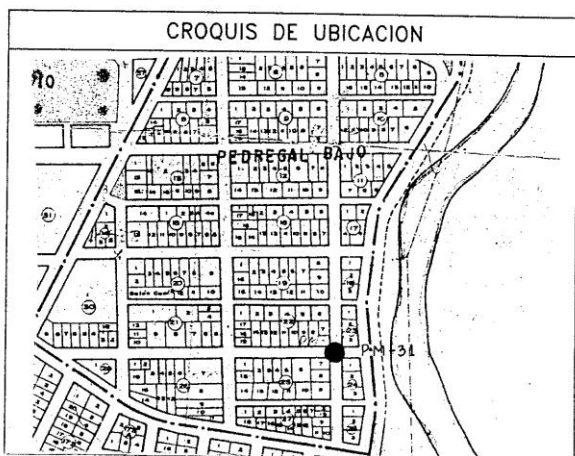
Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 14-08-91	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-26	
Ubicación: Costado del Cementerio General.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	I-39	Componente	dB
Hora	22:51	N-S	0
Tiempo grabado	04'00"	E-O	0
Tiempo útil	01'56"	V	0
Observaciones: Interferencia de perros examinada cerca a los sensores.			





SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUABRAZ	
Fecha: 15-08-91	Operador: Z.A.B. Punto def.: PM-31
Ubicación: Pedregal Bajo. Entre Mza. 9 y 10.	
MEDICION	
Cassette N°	11-05
Hora	12:43
Tiempo grabado	03'00"
Tiempo útil	01'23"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Mínima interferencia de animales cerca a los sensores.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

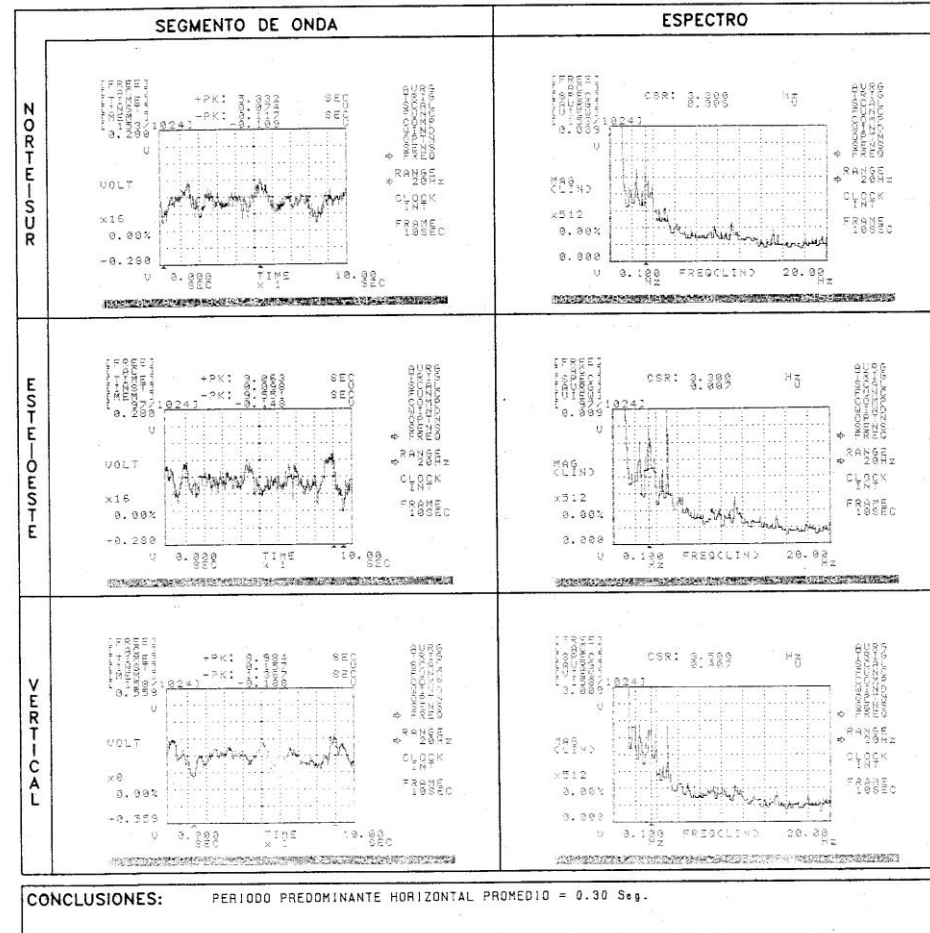
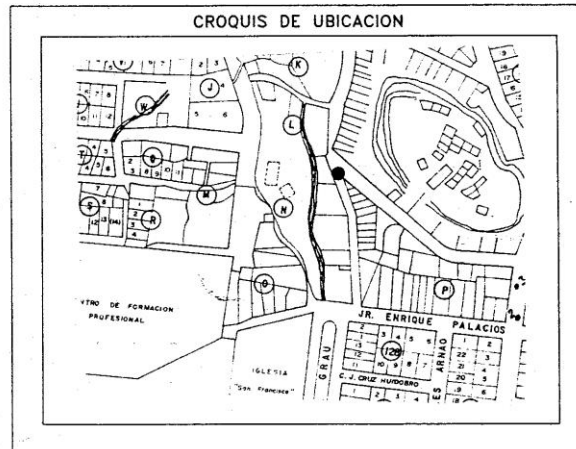
CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-20'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha:	11-01-92	Operador:	M.C.C.V. Punto def.: PM-20'
Ubicación: Calle Ladislao Meza cdra. 2.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	1°	Componente	dB
Hora	11:08	N-S	0
Tiempo grabado	05'10"	E-O	0
Tiempo util	00'53"	V	0
Observaciones: Interf. de transito peatonal.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES

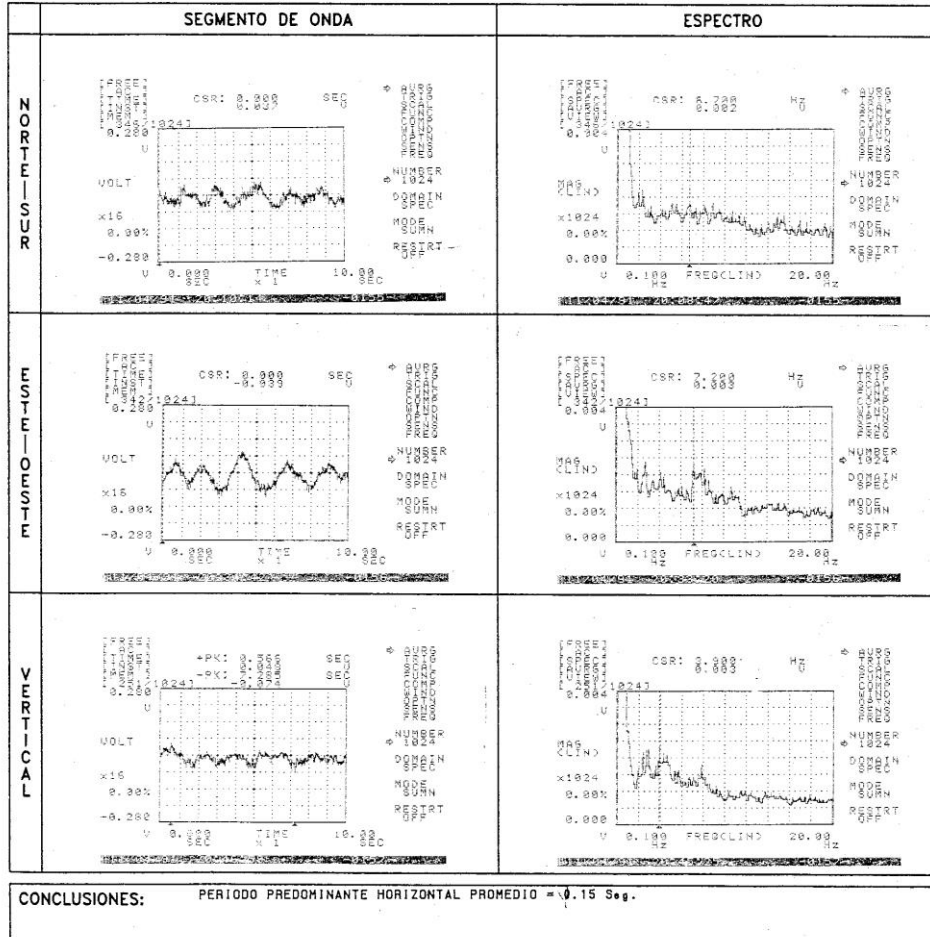
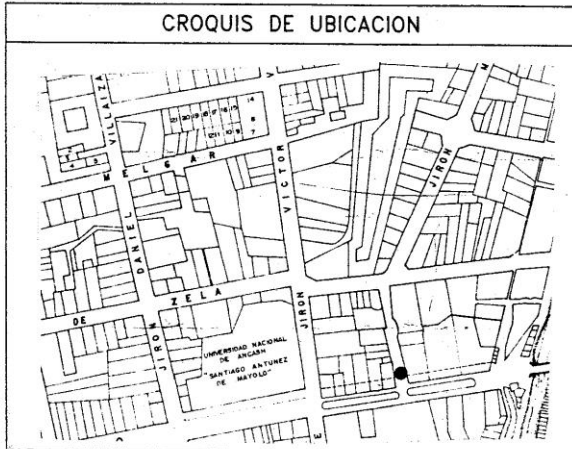


HUARAZ
PM-36

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 28-08-91	Operador: M.C.C.V. Punto def.: PM-36
Ubicación: Calle Manco Capac cdra. 1.	
MEDICION	
Cassette N°	11
Hora	23:24
Tiempo grabado	04"
Tiempo útil	02'02"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Mediana Interferencia vehicular.	

CROQUIS DE UBICACION





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES

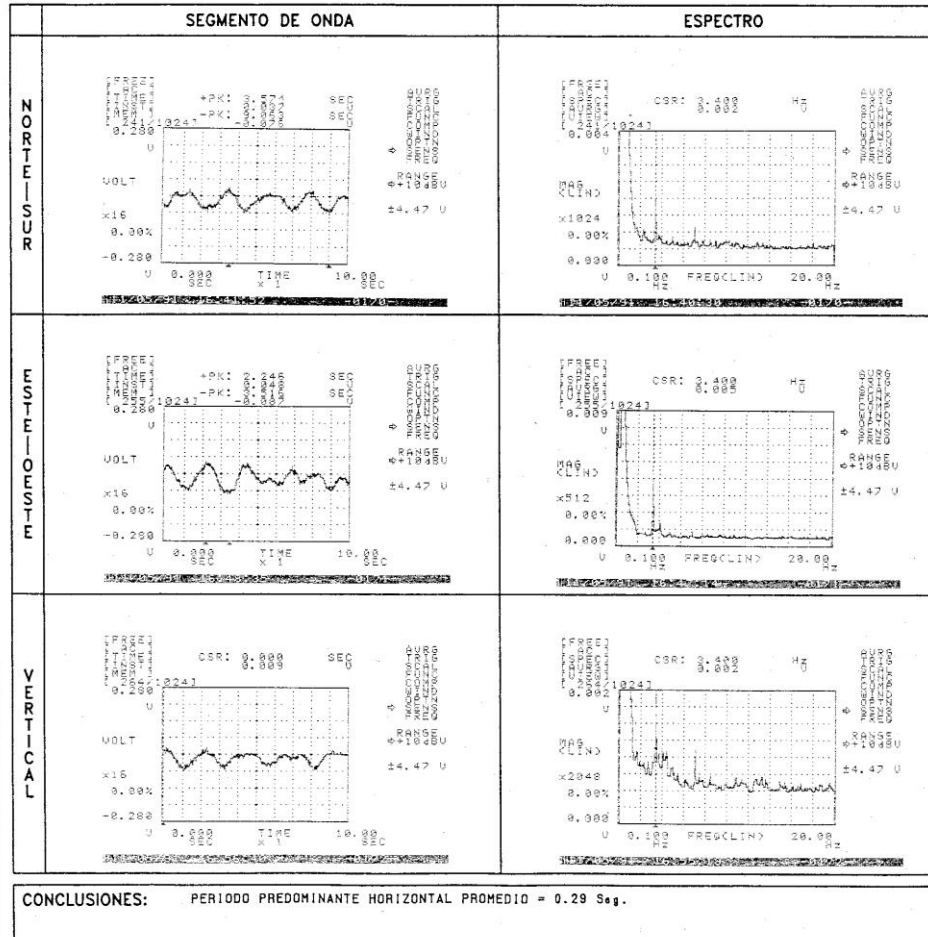
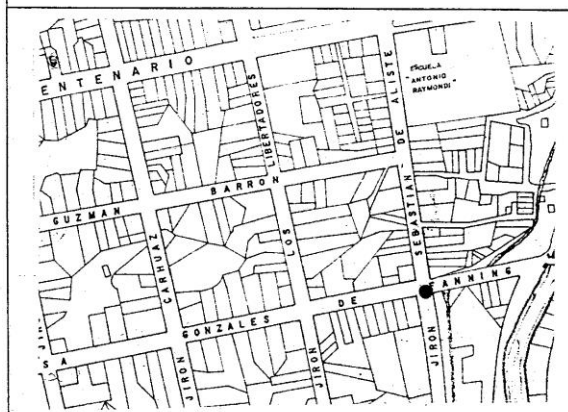


HUARAZ
PH-41

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 29-08-91	Operador: M.C.C.V.	Punto def.: PH-41	
Ubicación: Entre edra. 2 y 3 de S. de Aliste.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	11	Componente	dB
Hora	13:32	N-S	0
Tiempo grabado	03'00"	E-O	0
Tiempo útil	01'39"	V	0
Observaciones: Interferencia de animales cerca a sensores.			

CROQUIS DE UBICACION





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES

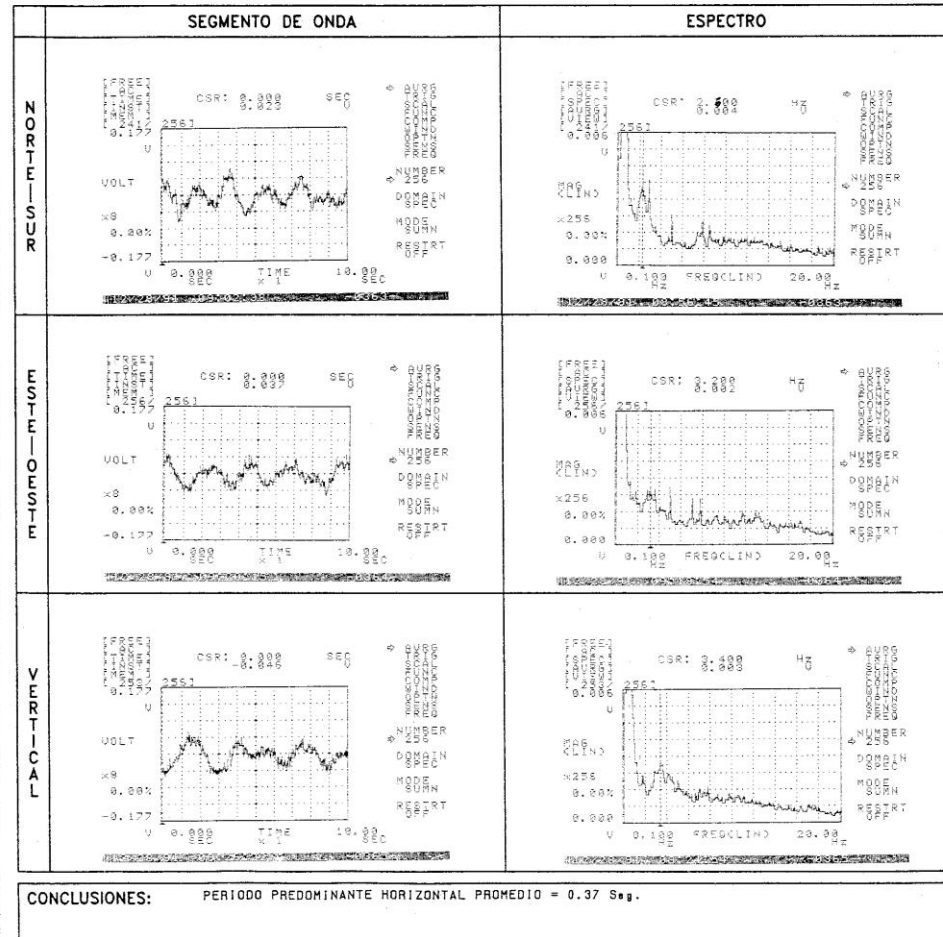
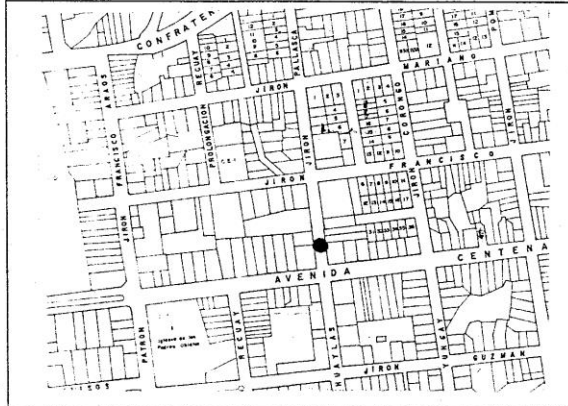


HUARAZ
PM-51

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto:		MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha:	29-08-91	Operador:	M.C.C.V. Punto def.: PM-51
Ubicación: Cdra. 1 de Jr. Pallasca.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	11	Componente	dB
Hora	22:09	N-S	0
Tiempo grabado	02'50"	E-O	0
Tiempo útil	01'38"	V	0
Observaciones: Interf. de transito vehioular y peatonal. Mediacion sobre el pavimento.			

CROQUIS DE UBICACION

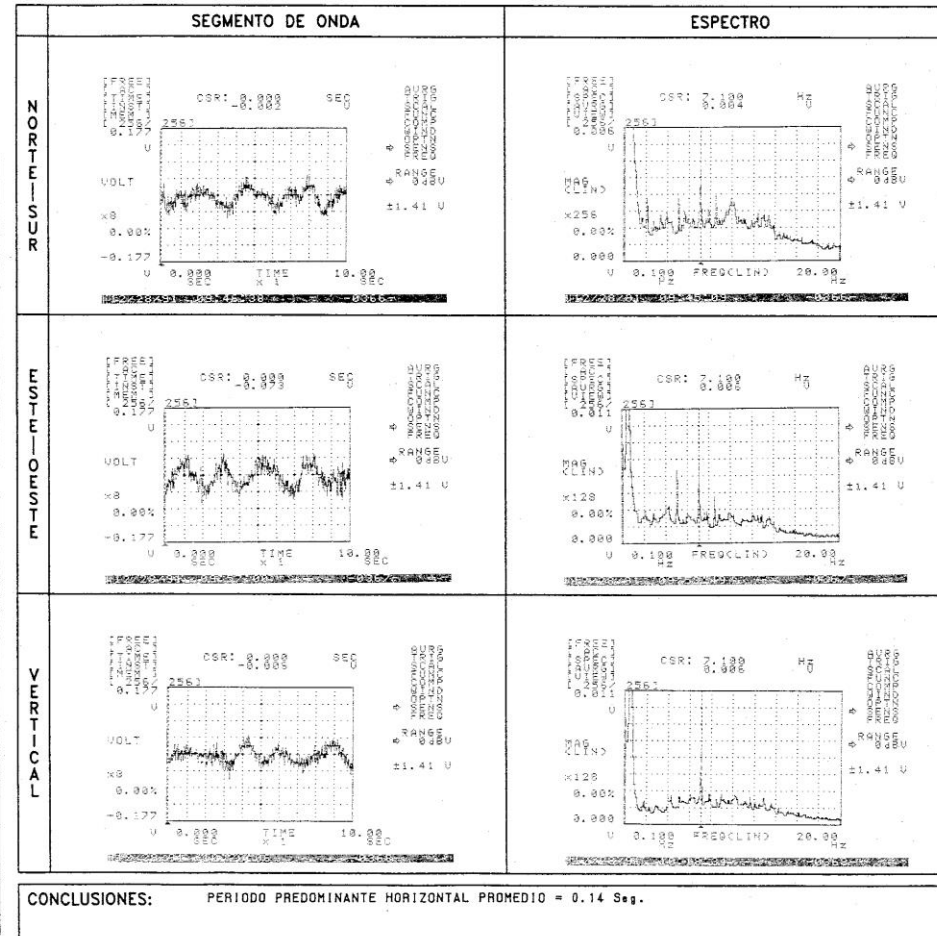
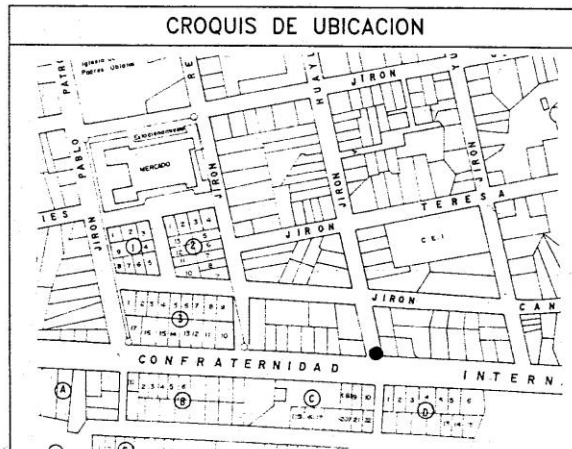




SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto:	MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ		
Fecha:	29-08-81	Operador:	M.C.C.V. Punto def.: PM-52
Ubicación:	Entre Av. Confrat. y Jr. Huaylas.		
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	11	Componente	dB
Hora	22:20	N-S	0
Tiempo grabado	04'28"	E-O	0
Tiempo útil	01'40"	V	0
Observaciones:	Interferencia continua de tránsito vehicular.		

CROQUIS DE UBICACION





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES

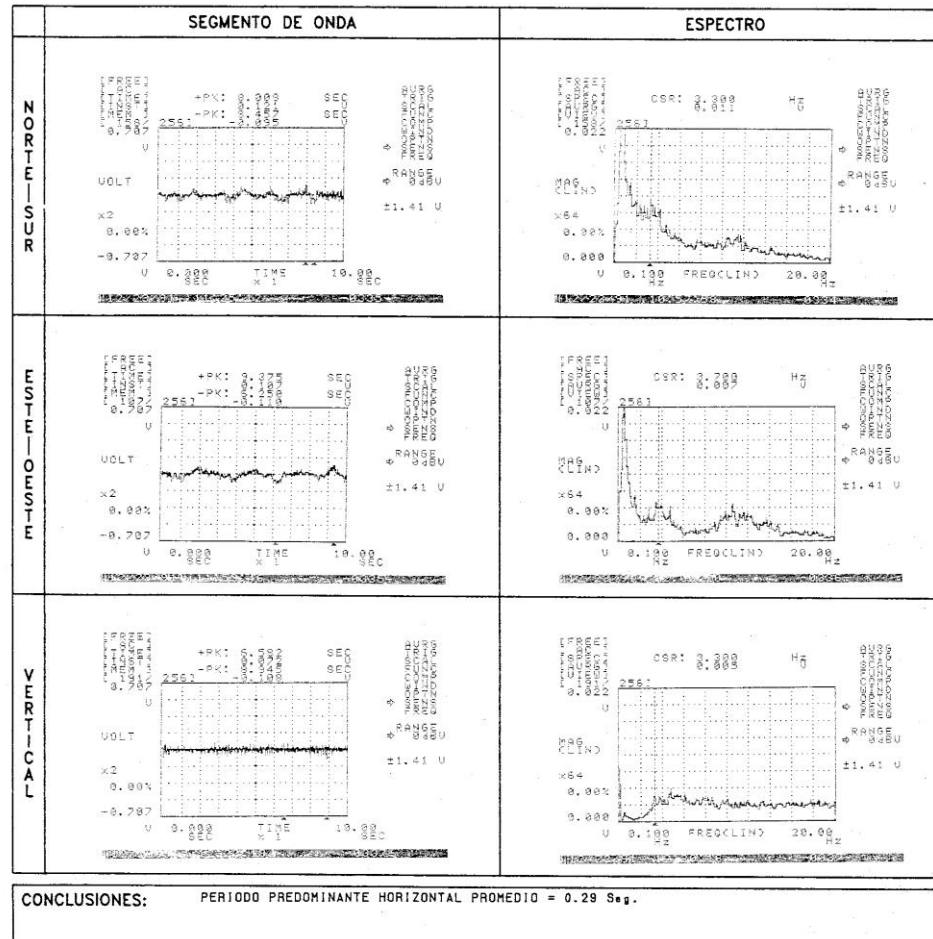


HUARAZ
PM-61

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 31-08-91	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-61	
Ubicación: Caspo Deportivo. Detras Hotel Turistas.			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	11	Componente	dB
Hora	18:15	N-S	0
Tiempo grabado	05'00"	E-O	0
Tiempo útil	00'59"	V	0
Observaciones: Interferencia de viento.			

CROQUIS DE UBICACION





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

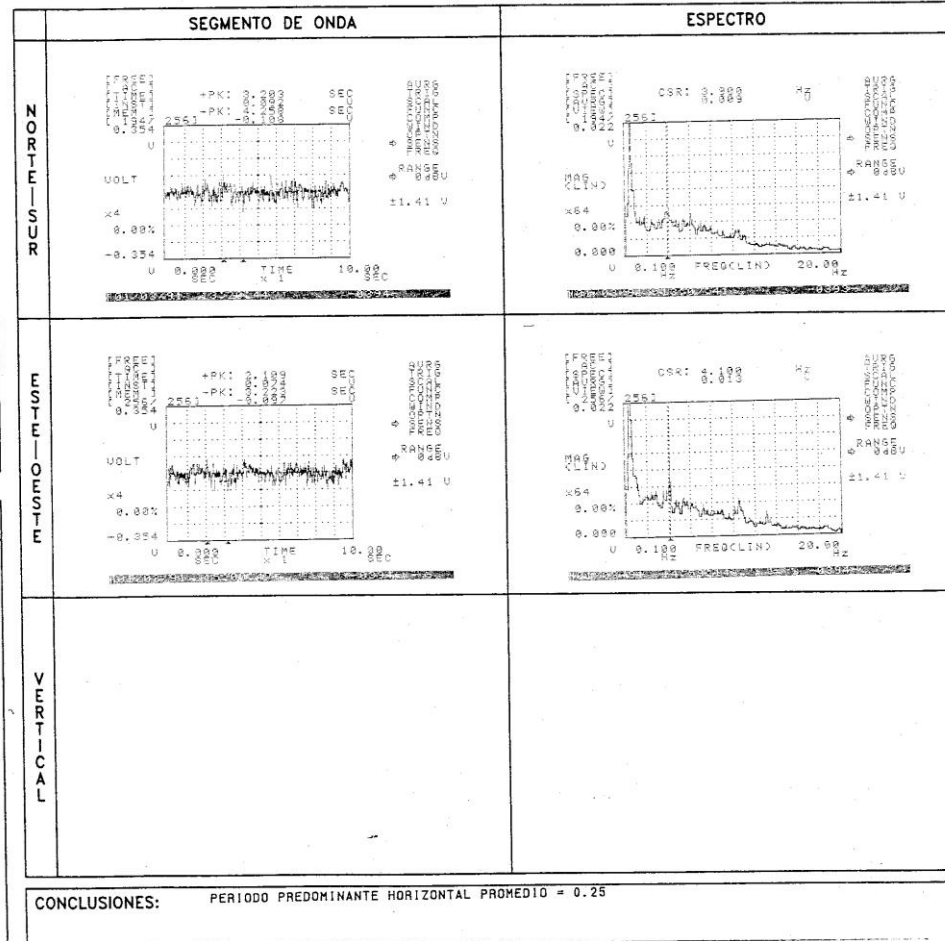
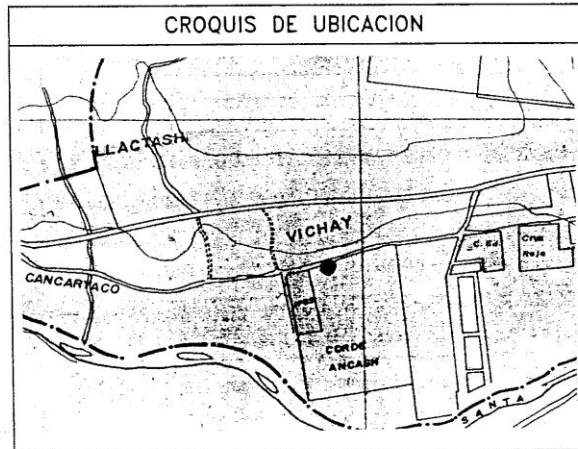
CENTRO PERUANO-JAPONES
DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-71

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 31-08-91	Operador: D.T.M. Punto def.: PM-71
Ubicación: Puerta principal de Corde-Ancash.	
MEDICION	
Cassette N°	11
Hora	12:23
Tiempo grabado	05'00"
Tiempo útil	01'28"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Cierta interferencia de personas a 3 s.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

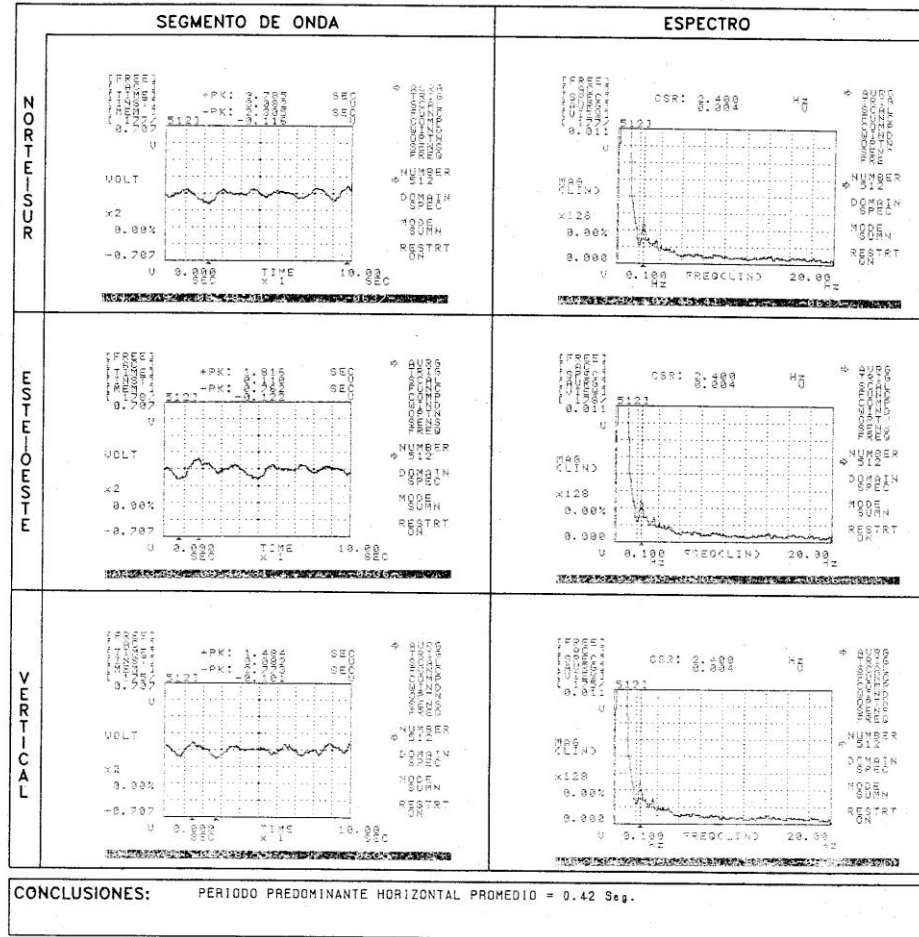
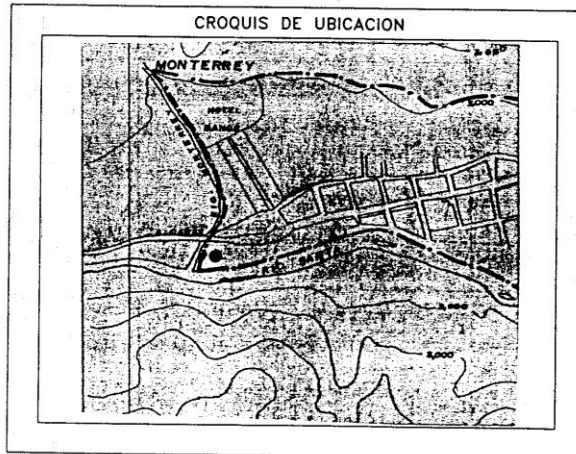
CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-77'

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 13-01-92	Operador: M.C.C.V. Punto def.: PM-77'
Ubicación: Costado del puente a Caraz.	
MEDICION	
Cassette N°	111'
Hora	09:24
Tiempo grabado	02'56"
Tiempo util	01'09"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: Interf. de viento arboles y vegetacion. Cauce de agua a 4 m.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

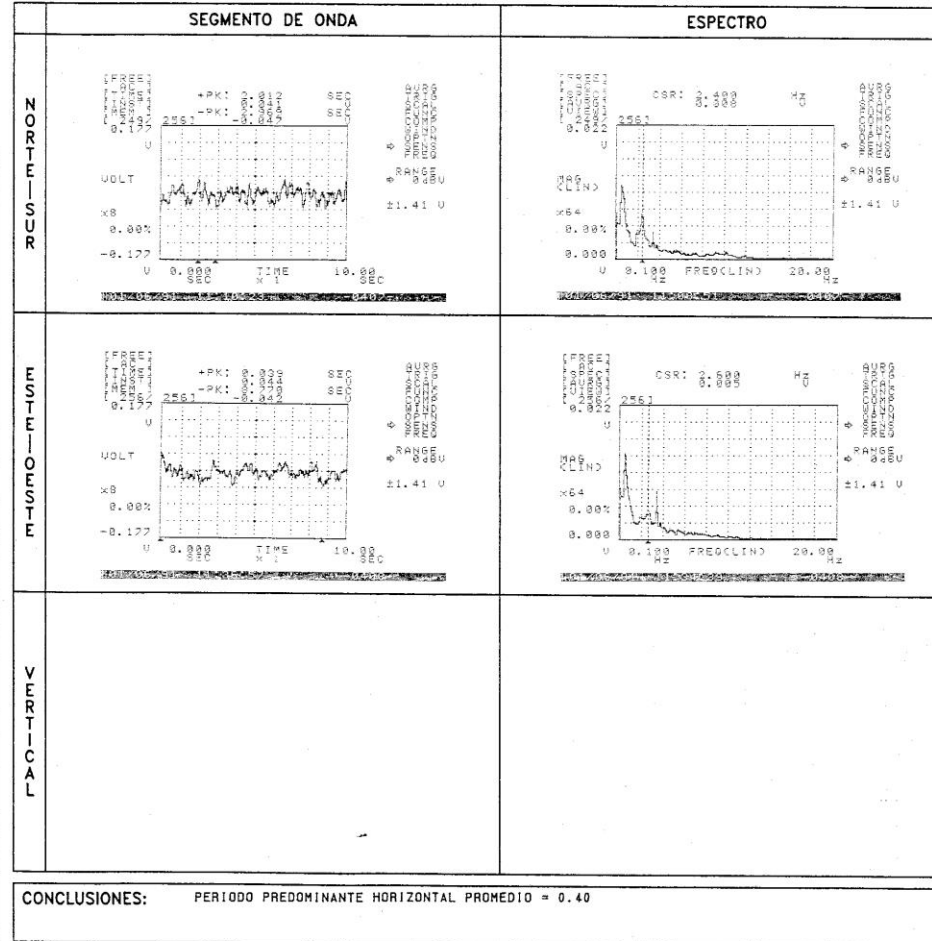
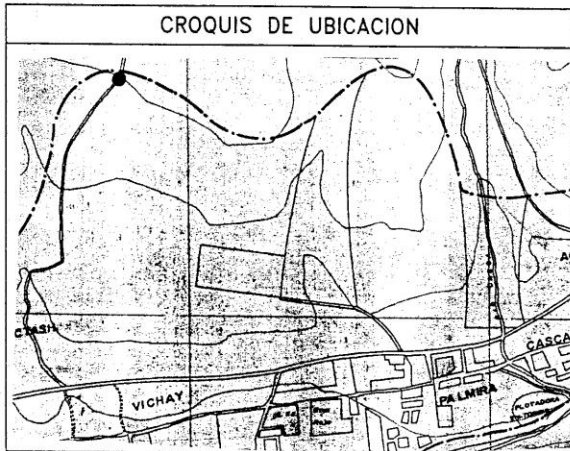
CENTRO PERUANO-JAPONES
 DE INVESTIGACIONES SISMICAS
 Y MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
 PM-78

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
 UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
 CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ	
Fecha: 31-08-91	Operador: D.T.M. Punto def.: PM-78
Ubicación: Frente a Capilla Yacatas - Caserio Yacatas	
MEDICION	
Cassette N°	11
Hora	15:58
Tiempo grabado	02'34"
Tiempo útil	01'39"
ATENUACION	
Componente	dB
N-S	0
E-O	0
V	0
Observaciones: No corre mucha viento.	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES

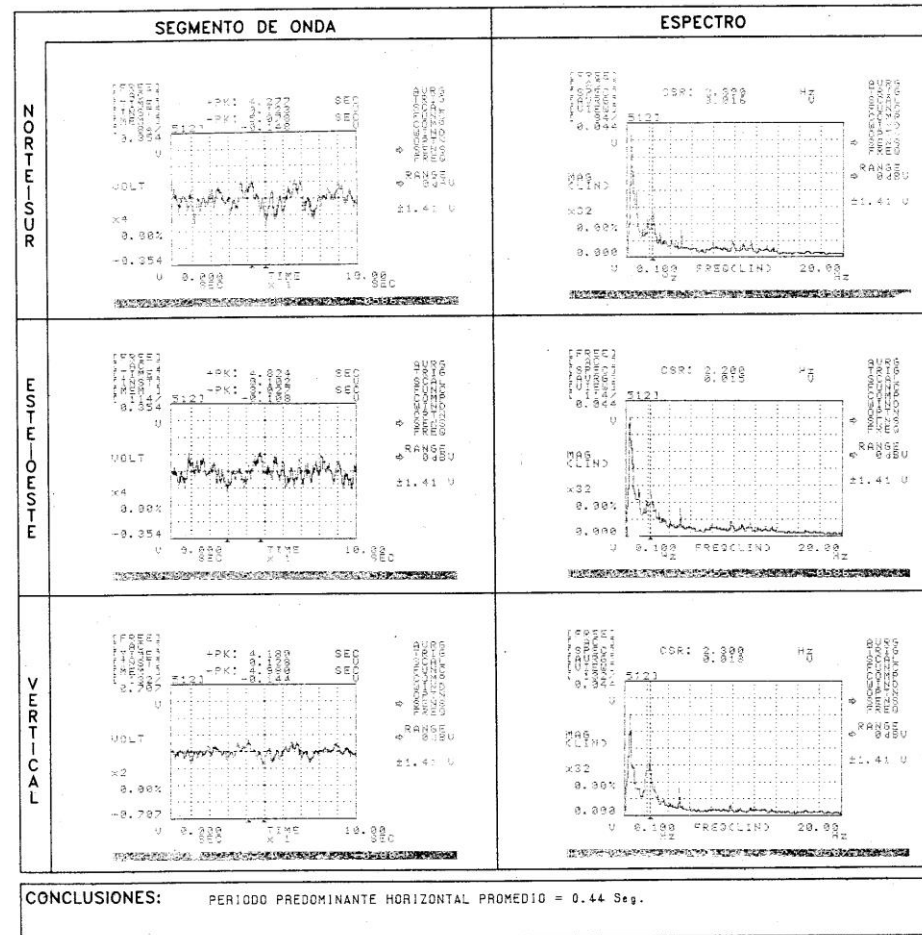
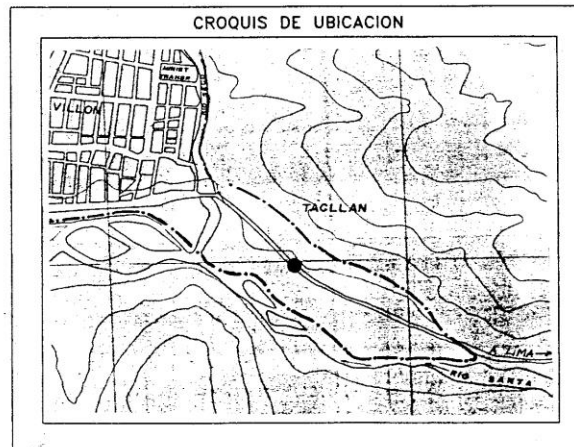


HUARAZ

PM-117

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ																					
Fecha: 14-01-82	Operador: D.T.M. Punto def.: PM-117																				
Ubicación: Control Tacllan.																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEDICION</th> <th colspan="2">ATENUACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cassette N°</td> <td>v</td> <td>Componente</td> <td>dB</td> </tr> <tr> <td>Hora</td> <td>11:45'</td> <td>N-S</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tiempo grabado</td> <td>02'33"</td> <td>E-O</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tiempo util</td> <td>42.97'</td> <td>V</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		MEDICION		ATENUACION		Cassette N°	v	Componente	dB	Hora	11:45'	N-S	0	Tiempo grabado	02'33"	E-O	0	Tiempo util	42.97'	V	0
MEDICION		ATENUACION																			
Cassette N°	v	Componente	dB																		
Hora	11:45'	N-S	0																		
Tiempo grabado	02'33"	E-O	0																		
Tiempo util	42.97'	V	0																		
Observaciones: Interferencia de equipo de musica a gran volumen.																					





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

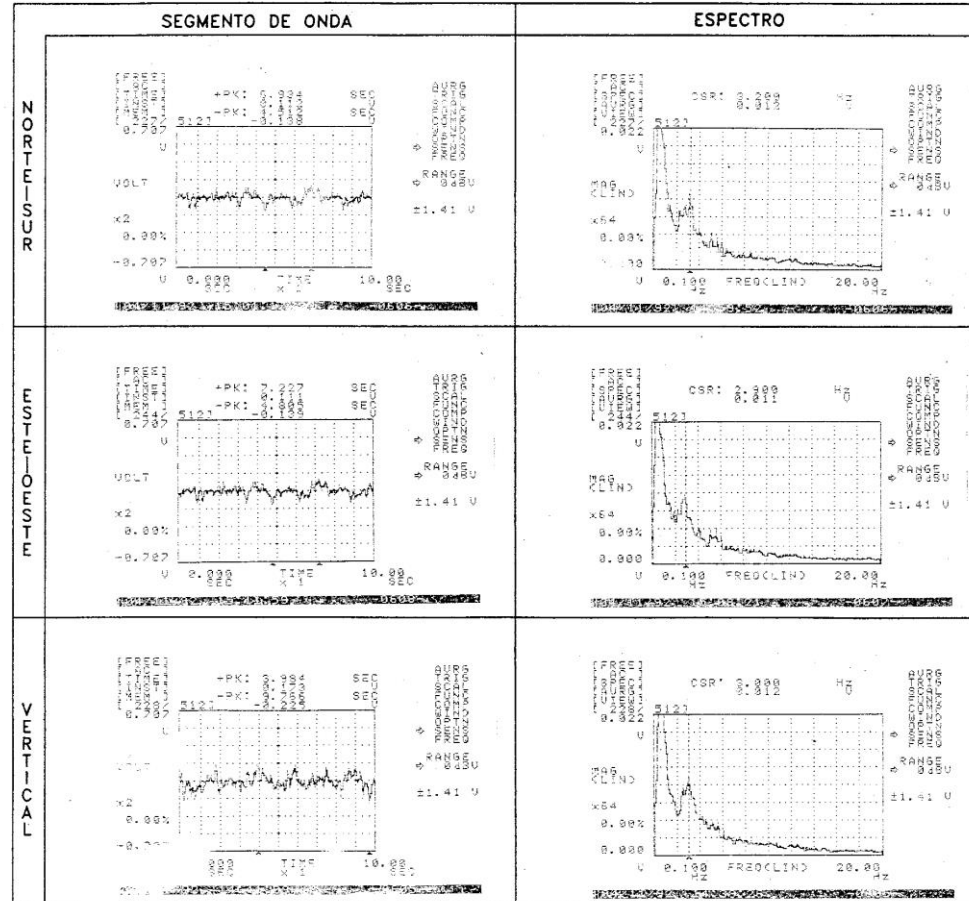
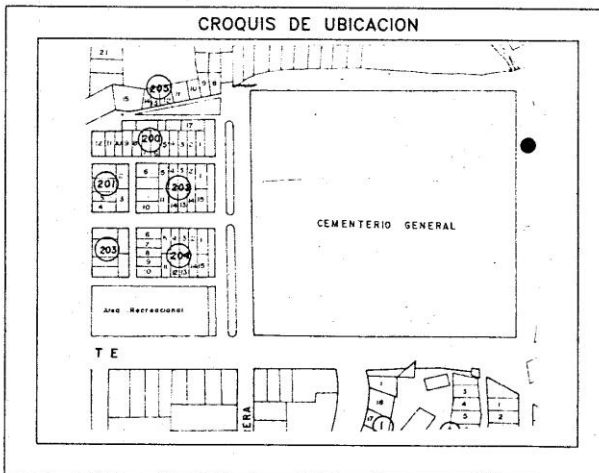
CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-123

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 15-01-92	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-123	
Ubicación: Costado del Cementerio - Padregal			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	VI	Componente	dB
Hora	14:28'	N-S	0
Tiempo grabado	03'58"	E-O	0
Tiempo útil	1'32"	V	0
Observaciones: Fuerte interferencia de viento.			



CONCLUSIONES: PERIODO PREDOMINANTE HORIZONTAL PROMEDIO = 0.33 Seg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

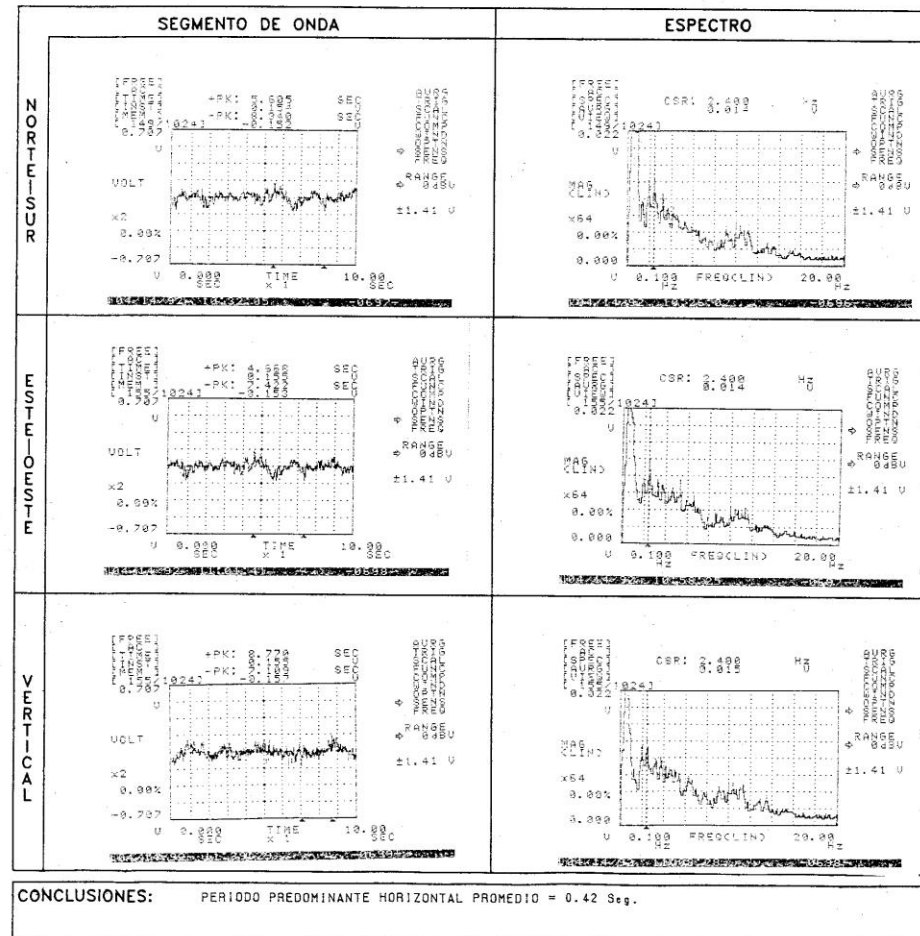
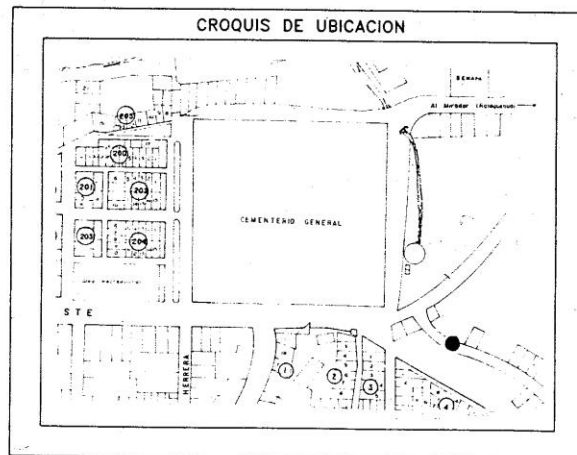
CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-125

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha:	15-01-82	Operador:	D.T.M.
		Punto def.:	PM-125
Ubicación: Urb. Bellavista (150 m. del Cementerio)			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	VI	Componente	dB
Hora	15:04*	N-S	0
Tiempo grabado	04'35"	E-O	0
Tiempo util	59.8"	V	0
Observaciones: Moderada interferencia de viento y poco tránsito vehicular.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

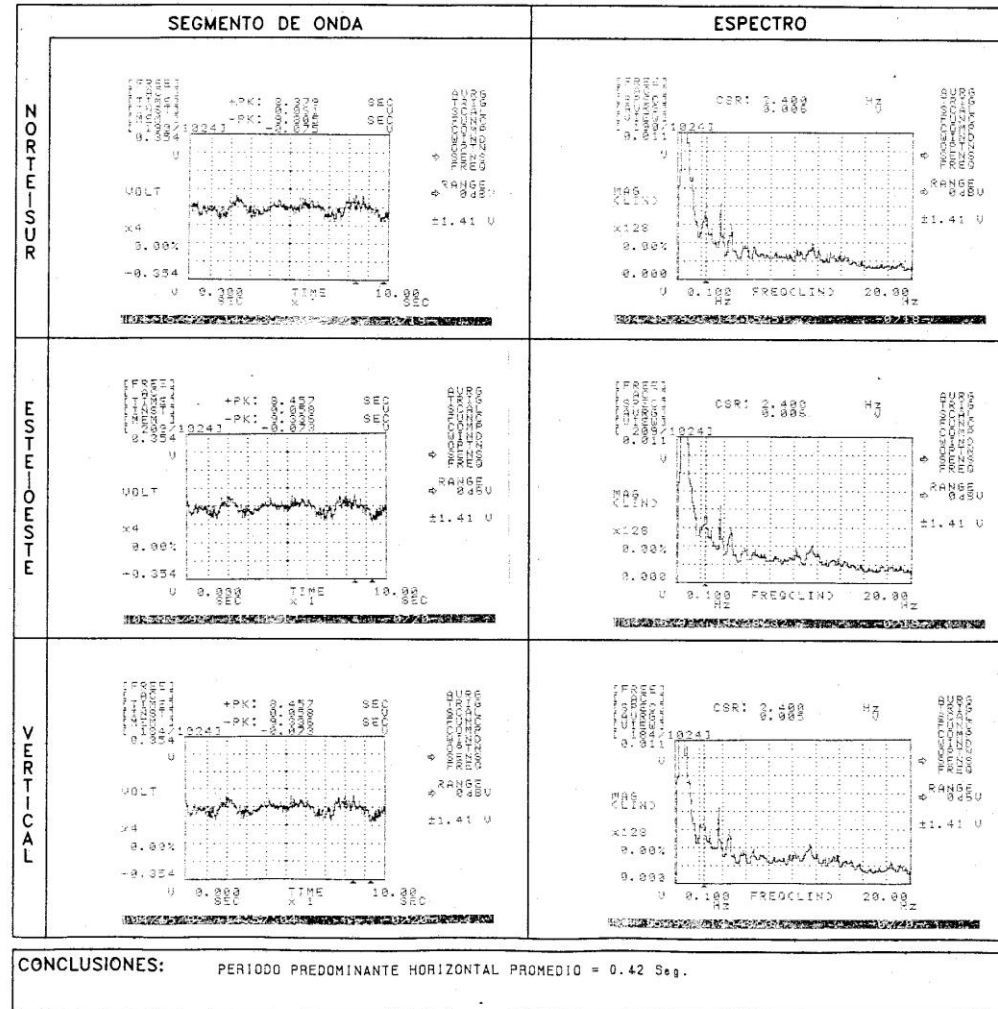
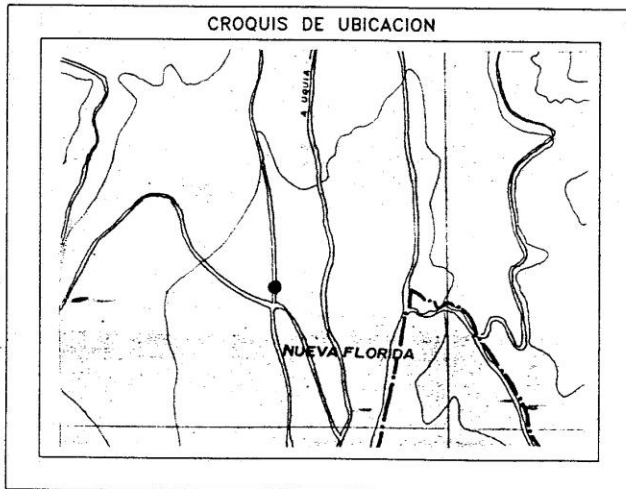
CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES



HUARAZ
PM-128

SEGMENTOS DE ONDA Y ESPECTROS
UTILIZADOS EN EL ANALISIS PARA EL
CALCULO DEL PERIODO PREDOMINANTE

Proyecto: MICROZONIFICACION SISMICA DE HUARAZ			
Fecha: 16-01-92	Operador: D.T.M.	Punto def.: PM-128	
Ubicación: Capilla Antaaco - Urb. Nueva Florida			
MEDICION		ATENUACION	
Cassette N°	VJ	Componente	dB
Hora	10:14'	N-S	0
Tiempo grabado	03'27"	E-O	0
Tiempo util	1'16"	V	0
Observaciones: Fuerte interferencia de transito peatonal y moderado transito vehicular.			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil

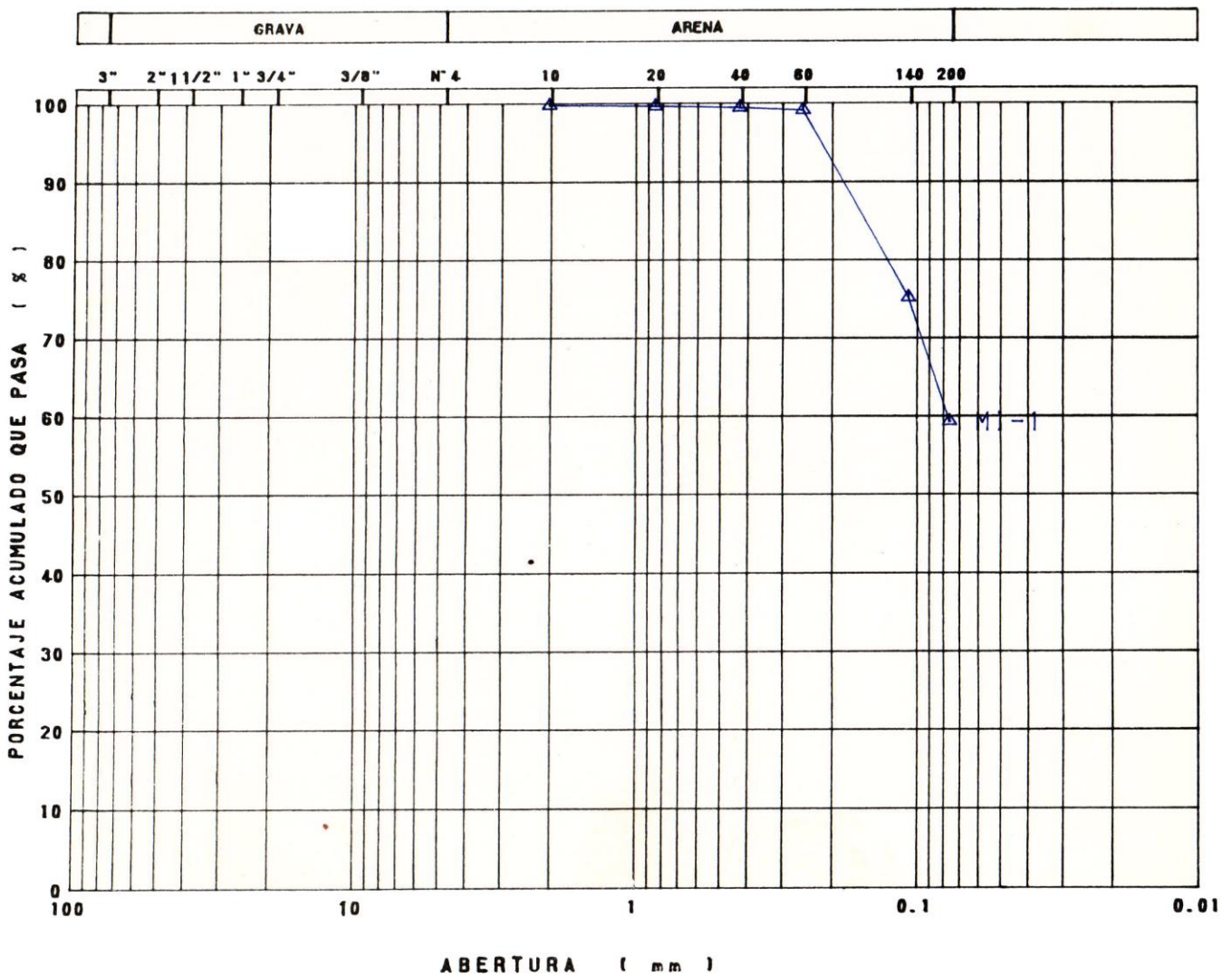
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA
PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 08-04-92
SONDAJE : C-1

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D2487





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil

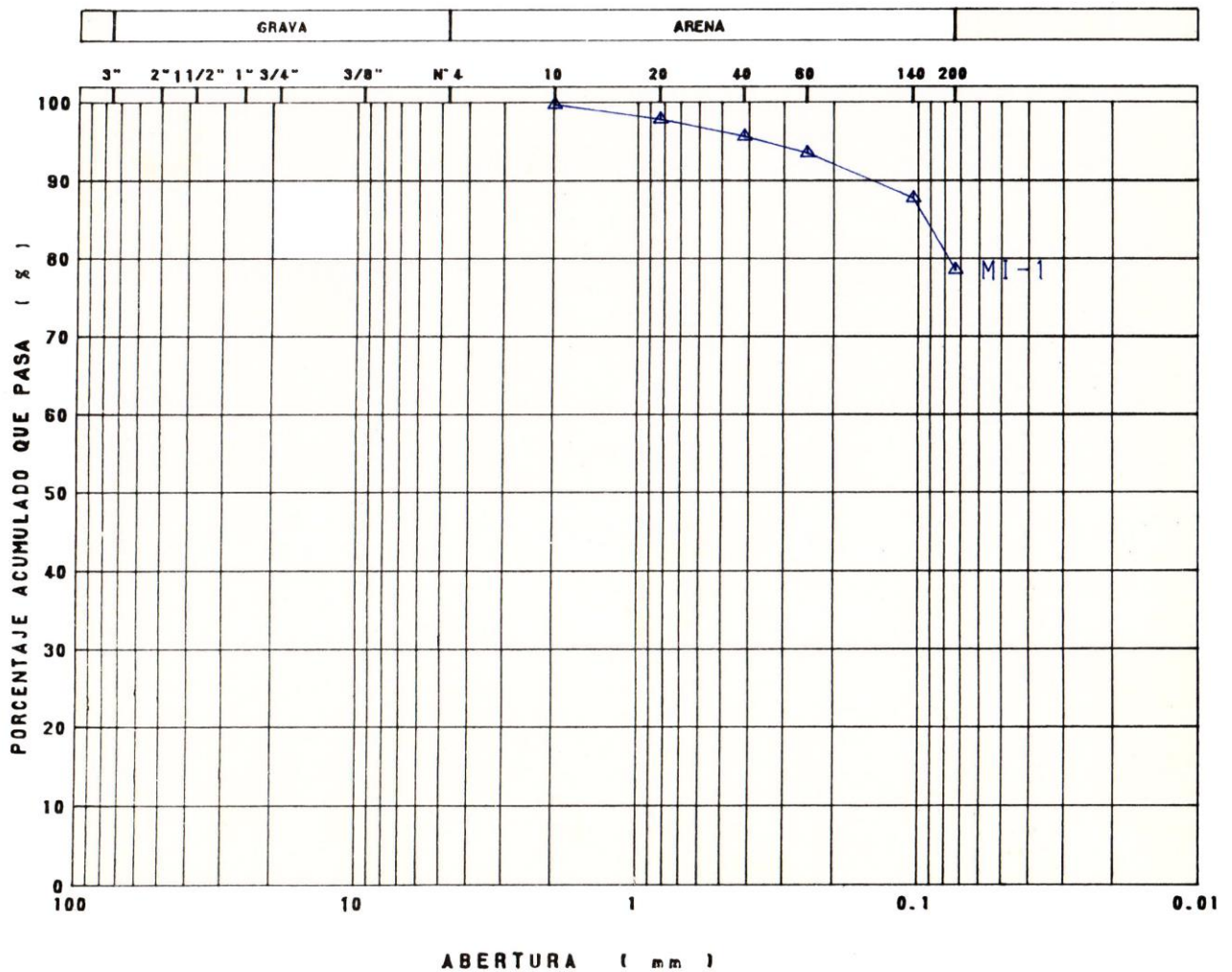
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA
PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 08-04-92
SONDAJE : C-2

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D2487





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA - CISMID
 PROYECTO : MICROZONIF. SISMICA DE HUARAZ
 LUGAR : PLAZUELA BELEN
 FECHA : 13-01-92

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Pozo N°	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1		
Muestra	M-1	SPT-1	M-2	SPT-2	M-3	SPT-3	M-4	M-5		
Profundidad (m)	0.50-1.00	1.00-1.45	1.80-2.05	2.05-2.50	2.50-3.00	3.00-3.45	3.85-4.05	4.05-4.35		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"									
	2"									
	1 1/2"							100.0		
	1"							53.9		
	3/4"	100.0					100.0	53.9		
	3/8"	98.0	100.0	100.0				97.8	43.7	
	N°4	97.7	97.3	98.7			100.0	89.6	37.2	
	N°10	97.0	94.4	98.1	100.0	100.0	99.8	85.3	31.0	
	N°20	95.0	90.5	95.8	99.5	99.8	99.8	78.5	27.1	
	N°40	89.3	85.5	91.6	98.6	99.5	99.6	70.9	24.1	
	N°60	82.6	80.1	86.5	97.3	99.1	99.4	65.0	21.9	
	N°140	61.4	61.5	67.6	80.5	97.6	99.0	54.1	18.2	
N°200	55.7	55.8	61.4	71.7	97.5	98.5	49.3	16.7		
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	30.4	36.2	35.8	41.2	52.7	54.9	32.4	32.8	
	L.P.	18.6	20.9	20.5	20.2	25.1	26.3	18.3	14.6	
	I.P.	11.9	15.3	15.3	21.0	27.6	28.5	14.1	18.3	
	L.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	
HUMEDAD NATURAL (%)	20.1	24.0	26.5	26.9	32.1	13.5	16.1	7.9		
CLASIFICACION (SUCS)	CL	CL	CL	CL	CH	CH	SC	GC		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA - CISMID
 PROYECTO : MICROZONIF. SISMICA DE HUARAZ
 LUGAR : PLAZA DE ARMAS
 FECHA : 13-01-92

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Pozo N°	S-2	S-2	S-2	S-2	S-2	S-2	S-2			
Muestra	M-1	SPT-1	M-2	SPT-2	M-3	SPT-3	M-4			
Profundidad (m)	0.50-1.00	1.00-1.45	1.45-2.00	2.00-2.45	2.45-2.70	2.70-3.15	3.15-3.40			
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA MALIA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"									
	2"									
	1 1/2"						100.0			
	1"					100.0	70.0			
	3/4"				100.0	88.2	67.1			
	3/8"	100.0	100.0	100.0	87.6	100.0	87.0	64.1		
	N°4	97.6	96.7	98.2	87.2	99.2	83.2	58.2		
	N°10	94.9	92.6	94.9	85.5	97.6	78.7	53.2		
	N°20	91.3	87.2	88.5	83.1	94.8	74.2	48.2		
	N°40	87.0	77.9	77.0	79.4	91.2	68.7	43.5		
	N°60	80.2	69.4	68.2	75.8	87.4	64.4	40.3		
	N°140	63.2	51.2	53.0	65.3	75.7	55.3	33.1		
N°200	58.1	45.8	48.8	62.0	71.4	52.9	31.6			
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	36.3	37.8	32.0	37.0	35.3	36.5	38.3		
	L.P.	14.8	21.1	18.2	15.8	18.0	17.3	17.8		
	I.P.	21.6	16.7	13.8	21.2	17.4	19.2	20.5		
	L.C.	-	-	-	-	-	-	-		
HUMEDAD NATURAL (%)	21.9	14.7	18.3	20.8	23.2	18.2	14.0			
CLASIFICACION (SUCS)	CL	SC	SC	CL	CL	CL	GC			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA - CISMID
PROYECTO : MICROZONIF. SISMICA DE HUARAZ
LUGAR : PLAZUELA F.A.P.
FECHA : 14-01-92

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Pozo N°	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3	
Muestra	M-1	M-2	SPT-1	M-3	SPT-2A	SPT-2B	M-4	SPT-3A	SPT-3B	M-5	
Profundidad (m)	0.80-1.25	1.25-1.35	1.65-1.80	1.80-2.20	2.40-2.60	2.60-2.85	2.85-3.20	3.20-3.45	3.45-3.75	4.05-4.20	
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"										
	2"										
	1 1/2"										
	1"										
	3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	3/8"	92.6	93.7	94.0	98.6	94.6	94.8	100.0	95.7	98.6	94.5
	N° 4	89.1	93.7	83.2	94.9	93.0	93.3	97.4	93.7	95.5	88.8
	N° 10	77.3	93.4	66.1	88.7	91.3	89.2	95.4	89.4	87.5	78.5
	N° 20	68.3	93.0	52.1	82.8	89.1	83.5	92.7	75.9	77.4	67.1
	N° 40	59.2	91.6	36.5	76.2	81.3	74.1	83.8	48.6	66.5	55.5
	N° 60	52.3	89.6	30.1	70.3	72.6	65.0	73.8	33.1	58.9	47.5
	N° 140	39.0	78.6	13.4	56.2	55.9	42.4	50.8	17.8	43.1	32.6
N° 200	35.4	72.7	8.8	51.4	48.1	36.8	44.4	15.0	39.7	29.4	
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	34.2	41.2	28.9	42.4	30.3	29.2	28.8	21.6	29.3	30.2
	L.P.	19.3	23.7	NP	20.1	17.9	NP	NP	NP	13.2	NP
	I.P.	14.9	17.5	NP	22.3	12.4	NP	NP	NP	16.1	NP
	L.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HUMEDAD NATURAL (%)	12.7	20.8	17.3	23.6	22.7	20.0	24.2	20.8	22.5	16.9	
CLASIFICACION (SUCS)	SC	CL	SP-SM	CL	SC	SM	SM	SM	SC	SM	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA - CISMID
 PROYECTO : MICROZONIF. SISMICA DE HUARAZ
 LUGAR : ESTADIO DE ROSASPAMPA
 FECHA : 14-01-92

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Pozo N°	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4			
Muestra	M-1	M-2	SPT-1	M-3	SPT-2	M-4	SPT-3			
Profundidad (m)	0.00-0.80	0.80-1.00	1.00-1.45	1.45-2.00	2.00-2.45	2.45-3.00	3.00-3.45			
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"									
	2"									
	1 1/2"									
	1"									
	3/4"	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0	100.0		
	3/8"	96.7	98.8		95.9	97.1	97.1	95.1		
	N°4	92.6	98.5	100.0	92.2	92.6	90.4	90.8		
	N°10	87.7	97.1	98.7	87.2	82.4	81.1	82.6		
	N°20	74.0	94.0	95.6	80.6	72.1	71.5	77.2		
	N°40	58.4	87.1	90.8	75.1	62.9	63.4	72.3		
	N°60	50.1	77.4	84.3	71.6	57.2	58.1	68.6		
	N°140	39.6	44.1	44.5	61.8	47.0	48.1	61.2		
N°200	34.4	38.1	37.6	59.2	43.8	44.2	59.3			
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	34.4	26.0	21.6	33.1	32.8	31.7	34.3		
	L.P.	18.1	NP	NP	15.5	16.7	19.1	17.2		
	I.P.	16.3	NP	NP	17.6	16.1	12.6	17.1		
	L.C.	-	-	-	-	-	-	-		
HUMEDAD NATURAL (%)	13.8	17.1	19.1	18.4	17.6	18.1	16.6			
CLASIFICACION (SUCS)	SC	SM	SM	CL	SC	SC	CL			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA - CISMID
 PROYECTO : MICROZONIF. SISMICA DE HUARAZ
 LUGAR : PARQUE HUARIPAMPA
 FECHA : 15-01-92

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Pozo N°	S-5	S-5	S-5							
Muestra	M-1	SPT-1	M-2							
Profundidad (m)	0.55-1.00	1.00-1.45	1.45-1.75							
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"									
	2"									
	1 1/2"	100.0		100.0						
	1"	77.3		93.1						
	3/4"	77.3	100.0	93.1						
	3/8"	77.3	98.2	91.2						
	N°4	76.9	97.4	89.6						
	N°10	76.0	96.1	88.7						
	N°20	73.9	94.7	87.7						
	N°40	71.0	92.2	85.2						
	N°60	68.0	88.3	78.7						
	N°140	59.1	78.3	62.4						
N°200	57.2	71.6	60.3							
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	44.4	67.4	34.3						
	L.P.	22.6	23.0	16.7						
	I.P.	21.8	44.5	17.6						
	L.C.	-	-	-						
HUMEDAD NATURAL (%)	12.7	17.4	10.3							
CLASIFICACION (SUCS)	CL	CH	CL							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO



SOLICITADO : JICA - CISMID
 PROYECTO : MICROZONIF. SISMICA DE HUARAZ
 LUGAR : IGLESIA BAUTISTA - CENTENARIO
 FECHA : 16-01-92

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Pozo N°	S-6	S-6	S-6	S-6	S-6	S-6	S-6			
Muestra	M-1	M-2	SPT-2	M-3	SPT-3	M-4	M-5			
Profundidad (m)	0.40-1.00	1.00-1.95	2.10-2.55	2.55-3.10	3.10-3.55	3.55-3.90	3.90-4.50			
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"									
	2"									
	1 1/2"									
	1"							100.0		
	3/4"						100.0	77.9		
	3/8"	100.0	100.0			100.0	97.8	77.9		
	N° 4	99.3	94.6	100.0	100.0	98.0	95.1	69.3		
	N° 10	94.7	84.3	99.6	97.2	93.9	89.2	61.1		
	N° 20	88.3	72.2	98.3	90.2	85.1	78.2	52.7		
	N° 40	79.1	61.0	94.0	81.3	74.0	65.2	44.4		
	N° 60	71.3	53.9	89.6	75.0	66.4	56.6	38.3		
	N° 140	53.9	40.4	79.2	62.1	51.8	43.5	27.8		
N° 200	47.8	35.9	75.7	58.9	47.3	37.8	24.9			
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	25.4	28.3	31.9	33.8	28.4	20.4	24.1		
	L.P.	18.8	17.1	17.3	16.6	15.4	NP	14.0		
	I.P.	6.6	11.3	14.6	17.2	13.0	NP	10.1		
	L.C.	-	-	-	-	-	-	-		
HUMEDAD NATURAL (%)	15.4	13.8	17.4	16.2	12.9	10.4	8.0			
CLASIFICACION (SUCS)	SM-SC	SC	CL	CL	SC	SM	SC			



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ. de La CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
CALICATA : C-1
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.40
CLASIFICACION (SUCS) : ML
ESTADO : INALTERADO
TIPO DE ENSAYO : CU CONSOLIDADO - NO DRENADO
VELOCIDAD DE CARGA : 0.20 mm/min
FECHA : 08-04-92

=====



ENSAYO TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ. de La CIUDAD de HUARAZ
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.40
FECHA : 08-04-92

ESPECIMEN : 2
DIAMETRO : 5.14 cm
ALTURA : 9.82 cm
DENSIDAD SECA : 1.73 gr/cm³
HUMEDAD INICIAL : 19.99 %
HUMEDAD FINAL : 20.69 %
PRESION DE CELDA INICIAL : 3.50 Kg/cm²
CONTRA PRESION INICIAL : 1.50 Kg/cm²
ESF. EFECT. SIGMA3 INICIAL : 2.00 Kg/cm²

DEF	ESF. DESV	P. P.	SIGMA-3	SIGMA-1	P	Q	2Q	Q/P	OBLIC
E%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	S1/S3
0.00	0.00	-0.01	2.01	2.01	2.01	0.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.36	0.04	1.96	2.32	2.14	0.18	0.36	0.08	1.18
0.10	0.60	0.08	1.92	2.52	2.22	0.30	0.60	0.14	1.31
0.15	0.75	0.15	1.85	2.60	2.23	0.38	0.75	0.17	1.41
0.25	1.09	0.26	1.74	2.83	2.29	0.55	1.09	0.24	1.63
0.50	1.67	0.46	1.54	3.21	2.38	0.84	1.67	0.35	2.08
0.75	2.15	0.58	1.42	3.57	2.50	1.08	2.15	0.43	2.51
1.00	2.49	0.64	1.36	3.85	2.61	1.25	2.49	0.48	2.83
1.25	2.72	0.66	1.34	4.06	2.70	1.36	2.72	0.50	3.03
1.50	2.89	0.67	1.33	4.22	2.78	1.45	2.89	0.52	3.17
1.85	2.99	0.65	1.35	4.34	2.85	1.50	2.99	0.53	3.21
2.00	3.03	0.64	1.36	4.39	2.88	1.52	3.03	0.53	3.23
2.50	3.10	0.61	1.39	4.49	2.94	1.55	3.10	0.53	3.23
3.00	3.16	0.57	1.43	4.59	3.01	1.58	3.16	0.52	3.21
3.50	3.24	0.53	1.47	4.71	3.09	1.62	3.24	0.52	3.20
4.00	3.32	0.50	1.50	4.82	3.16	1.66	3.32	0.53	3.21
4.50	3.39	0.46	1.54	4.93	3.24	1.70	3.39	0.52	3.20
5.00	3.44	0.43	1.57	5.01	3.29	1.72	3.44	0.52	3.19
5.50	3.52	0.40	1.60	5.12	3.36	1.76	3.52	0.52	3.20
6.00	3.61	0.37	1.63	5.24	3.44	1.81	3.61	0.53	3.21
7.00	3.76	0.31	1.69	5.45	3.57	1.88	3.76	0.53	3.22
8.00	3.91	0.25	1.75	5.66	3.71	1.96	3.91	0.53	3.23
9.00	4.05	0.19	1.81	5.86	3.84	2.03	4.05	0.53	3.24
10.00	4.20	0.13	1.87	6.07	3.97	2.10	4.20	0.53	3.25
11.00	4.33	0.08	1.92	6.25	4.09	2.17	4.33	0.53	3.26
12.00	4.45	0.02	1.98	6.43	4.21	2.23	4.45	0.53	3.25
13.00	4.58	-0.04	2.04	6.62	4.33	2.29	4.58	0.53	3.25
14.00	4.66	-0.08	2.08	6.74	4.41	2.33	4.66	0.53	3.24
15.00	4.73	-0.12	2.12	6.85	4.49	2.37	4.73	0.53	3.23



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.40
FECHA : 08-04-92

ESPECIMEN : 1
DIAMETRO : 5.10 cm
ALTURA : 9.98 cm
DENSIDAD SECA : 1.74 gr/cm³
HUMEDAD INICIAL : 17.09 %
HUMEDAD FINAL : 20.30 %
PRESION DE CELDA INICIAL : 2.50 Kg/cm²
CONTRA PRESION INICIAL : 1.50 Kg/cm²
ESF. EFECT. SIGMA3 INICIAL : 1.00 Kg/cm²

DEF EX	ESF. DESV kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	SIGMA-3 kg/cm ²	SIGMA-1 kg/cm ²	P kg/cm ²	Q kg/cm ²	2Q kg/cm ²	Q/P kg/cm ²	OBLIC S1/S3
0.00	0.00	0.02	0.98	0.98	0.98	0.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.41	0.02	0.98	1.39	1.19	0.21	0.41	0.17	1.42
0.10	0.54	0.03	0.97	1.51	1.24	0.27	0.54	0.22	1.56
0.15	0.69	0.05	0.95	1.64	1.30	0.35	0.69	0.27	1.73
0.25	0.89	0.06	0.94	1.83	1.39	0.45	0.89	0.32	1.95
0.50	1.00	0.13	0.87	1.87	1.37	0.50	1.00	0.36	2.15
0.75	1.86	0.18	0.82	2.68	1.75	0.93	1.86	0.53	3.27
1.00	2.16	0.19	0.81	2.97	1.89	1.08	2.16	0.57	3.67
1.25	2.46	0.17	0.83	3.29	2.06	1.23	2.46	0.60	3.96
1.50	2.58	0.13	0.87	3.45	2.16	1.29	2.58	0.60	3.97
1.75	2.65	0.09	0.91	3.56	2.24	1.33	2.65	0.59	3.91
2.00	2.76	0.03	0.97	3.73	2.35	1.38	2.76	0.59	3.85
2.50	2.86	-0.01	1.01	3.87	2.44	1.43	2.86	0.59	3.83
3.00	2.94	-0.08	1.08	4.02	2.55	1.47	2.94	0.58	3.72
3.50	3.01	-0.12	1.12	4.13	2.63	1.51	3.01	0.57	3.69
4.00	3.08	-0.17	1.17	4.25	2.71	1.54	3.08	0.57	3.63
4.50	3.15	-0.20	1.20	4.35	2.78	1.58	3.15	0.57	3.63
5.00	3.19	-0.23	1.23	4.42	2.83	1.60	3.19	0.56	3.59
5.90	3.29	-0.29	1.29	4.58	2.94	1.65	3.29	0.56	3.55
6.00	3.30	-0.29	1.29	4.59	2.94	1.65	3.30	0.56	3.56
7.00	3.42	-0.35	1.35	4.77	3.06	1.71	3.42	0.56	3.53
8.00	3.51	-0.40	1.40	4.91	3.16	1.76	3.51	0.56	3.51
9.00	3.60	-0.44	1.44	5.04	3.24	1.80	3.60	0.56	3.50
10.00	3.68	-0.48	1.48	5.16	3.32	1.84	3.68	0.55	3.49
11.00	3.77	-0.52	1.52	5.29	3.41	1.89	3.77	0.55	3.48
12.00	3.85	-0.55	1.55	5.40	3.48	1.93	3.85	0.55	3.48
13.00	3.89	-0.59	1.59	5.48	3.54	1.95	3.89	0.55	3.45
14.00	3.92	-0.62	1.62	5.54	3.58	1.96	3.92	0.55	3.42
15.00	3.96	-0.64	1.64	5.60	3.62	1.98	3.96	0.55	3.41



ENSAYO TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ. de La CIUDAD de HUARAZ
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.40
FECHA : 08-04-92

ESPECIMEN : 3
DIAMETRO : 4.98 cm
ALTURA : 9.73 cm
DENSIDAD SECA : 1.83 gr/cm³
HUMEDAD INICIAL : 17.26 %
HUMEDAD FINAL : 20.22 %
PRESION DE CELDA INICIAL : 5.50 Kg/cm²
CONTRA PRESION INICIAL : 1.50 Kg/cm²
ESF. EFECT. SIGMA3 INICIAL : 4.00 Kg/cm²

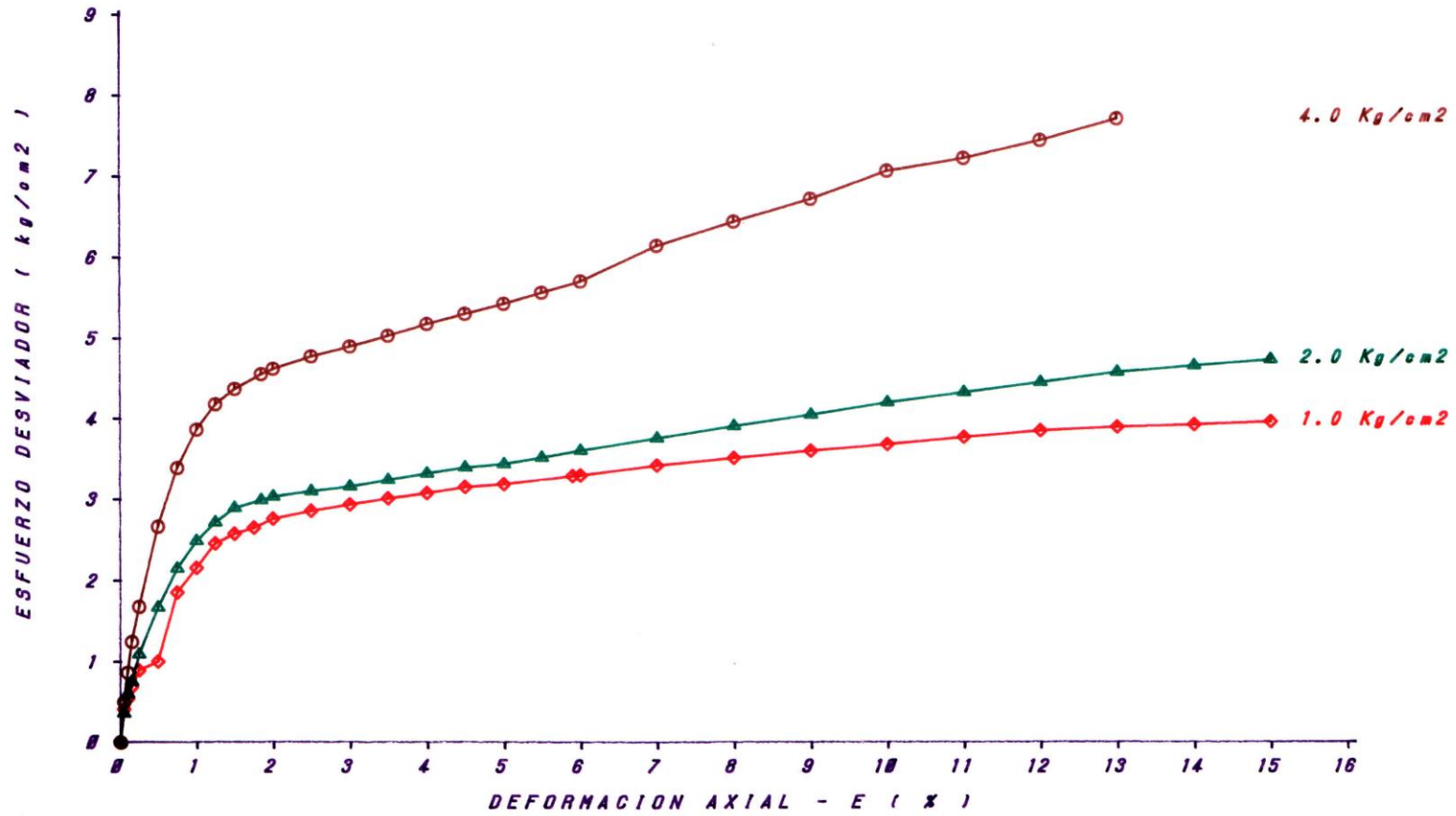
DEF E%	ESF. DESV kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	SIGMA-3 kg/cm ²	SIGMA-1 kg/cm ²	P kg/cm ²	Q kg/cm ²	2Q kg/cm ²	Q/P kg/cm ²	OBLIC S1/S3
0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.50	0.04	3.96	4.46	4.21	0.25	0.50	0.06	1.13
0.10	0.87	0.08	3.92	4.79	4.36	0.44	0.87	0.10	1.22
0.15	1.25	0.17	3.83	5.08	4.46	0.63	1.25	0.14	1.33
0.25	1.69	0.26	3.74	5.43	4.59	0.85	1.69	0.18	1.45
0.50	2.67	0.53	3.47	6.14	4.81	1.34	2.67	0.28	1.77
0.75	3.39	0.75	3.25	6.64	4.95	1.70	3.39	0.34	2.04
1.00	3.87	0.92	3.08	6.95	5.02	1.94	3.87	0.39	2.26
1.25	4.19	1.05	2.95	7.14	5.05	2.10	4.19	0.42	2.42
1.50	4.38	1.15	2.85	7.23	5.04	2.19	4.38	0.43	2.54
1.85	4.56	1.24	2.76	7.32	5.04	2.28	4.56	0.45	2.65
2.00	4.63	1.29	2.71	7.34	5.03	2.32	4.63	0.46	2.71
2.50	4.78	1.35	2.65	7.43	5.04	2.39	4.78	0.47	2.80
3.00	4.91	1.37	2.63	7.54	5.09	2.46	4.91	0.48	2.87
3.50	5.04	1.37	2.63	7.67	5.15	2.52	5.04	0.49	2.92
4.00	5.19	1.36	2.64	7.83	5.24	2.60	5.19	0.50	2.97
4.50	5.31	1.34	2.66	7.97	5.32	2.66	5.31	0.50	3.00
5.00	5.44	1.31	2.69	8.13	5.41	2.72	5.44	0.50	3.02
5.50	5.58	1.27	2.73	8.31	5.52	2.79	5.58	0.51	3.04
6.00	5.72	1.23	2.77	8.49	5.63	2.86	5.72	0.51	3.06
7.00	6.16	1.15	2.85	9.01	5.93	3.08	6.16	0.52	3.16
8.00	6.45	1.06	2.94	9.39	6.17	3.23	6.45	0.52	3.19
9.00	6.73	0.97	3.03	9.76	6.40	3.37	6.73	0.53	3.22
10.00	7.08	0.87	3.13	10.21	6.67	3.54	7.08	0.53	3.26
11.00	7.23	0.78	3.22	10.45	6.84	3.62	7.23	0.53	3.25
12.00	7.45	0.69	3.31	10.76	7.04	3.73	7.45	0.53	3.25
13.00	7.72	0.63	3.37	11.09	7.23	3.86	7.72	0.53	3.29

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - GISMID

ESFUERZO DESVIADOR vs DEFORMACION AXIAL

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-1
MUESTRA : N1-1
PROF. (m) : 1.40
CLASIF. (SUCS) : ML

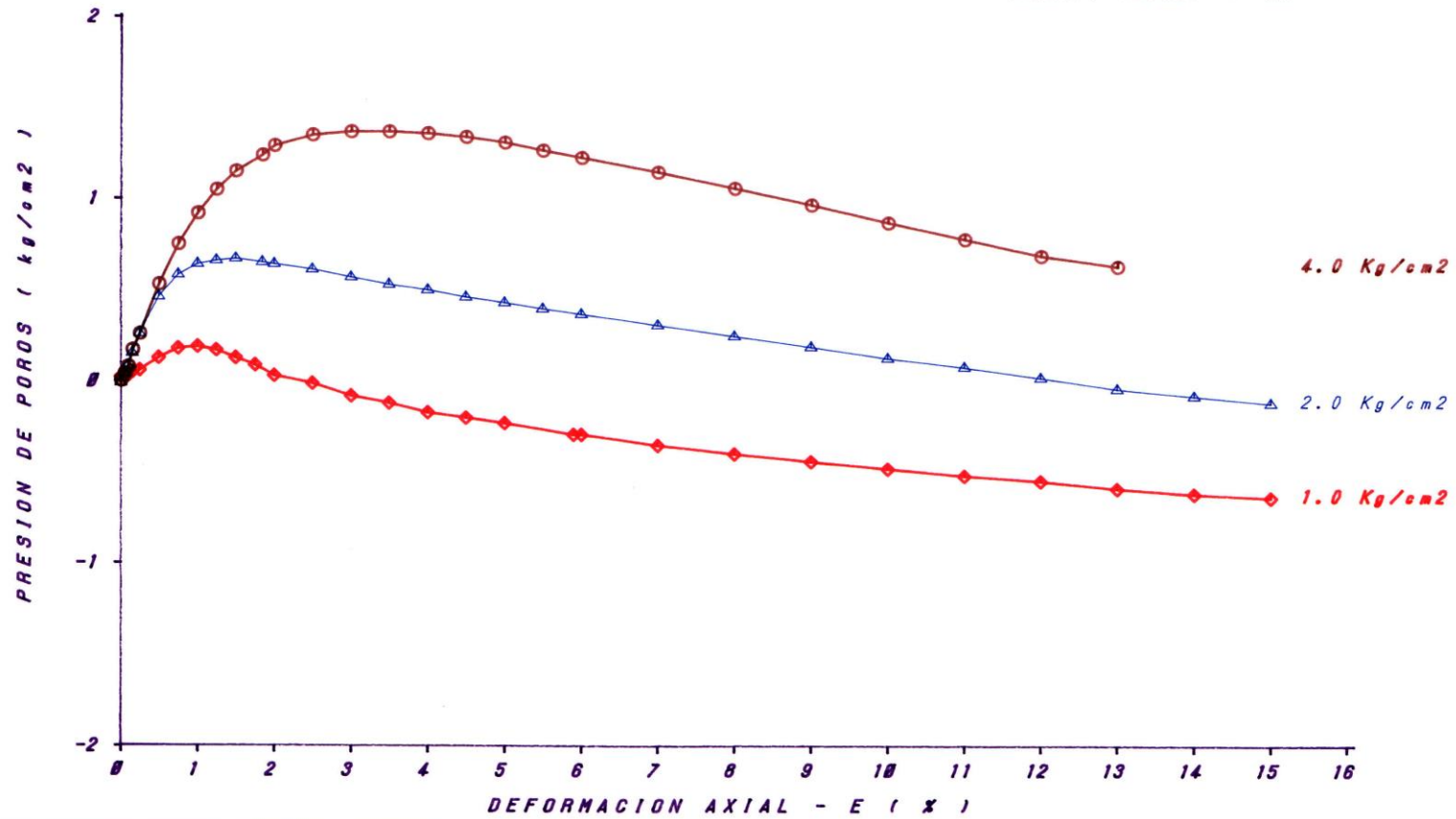


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

PRESION DE POROS vs DEFORMACION AXIAL

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-1
MUESTRA : M1-1
PROF. (m) : 1.40
CLASIF. (SUCS) : ML

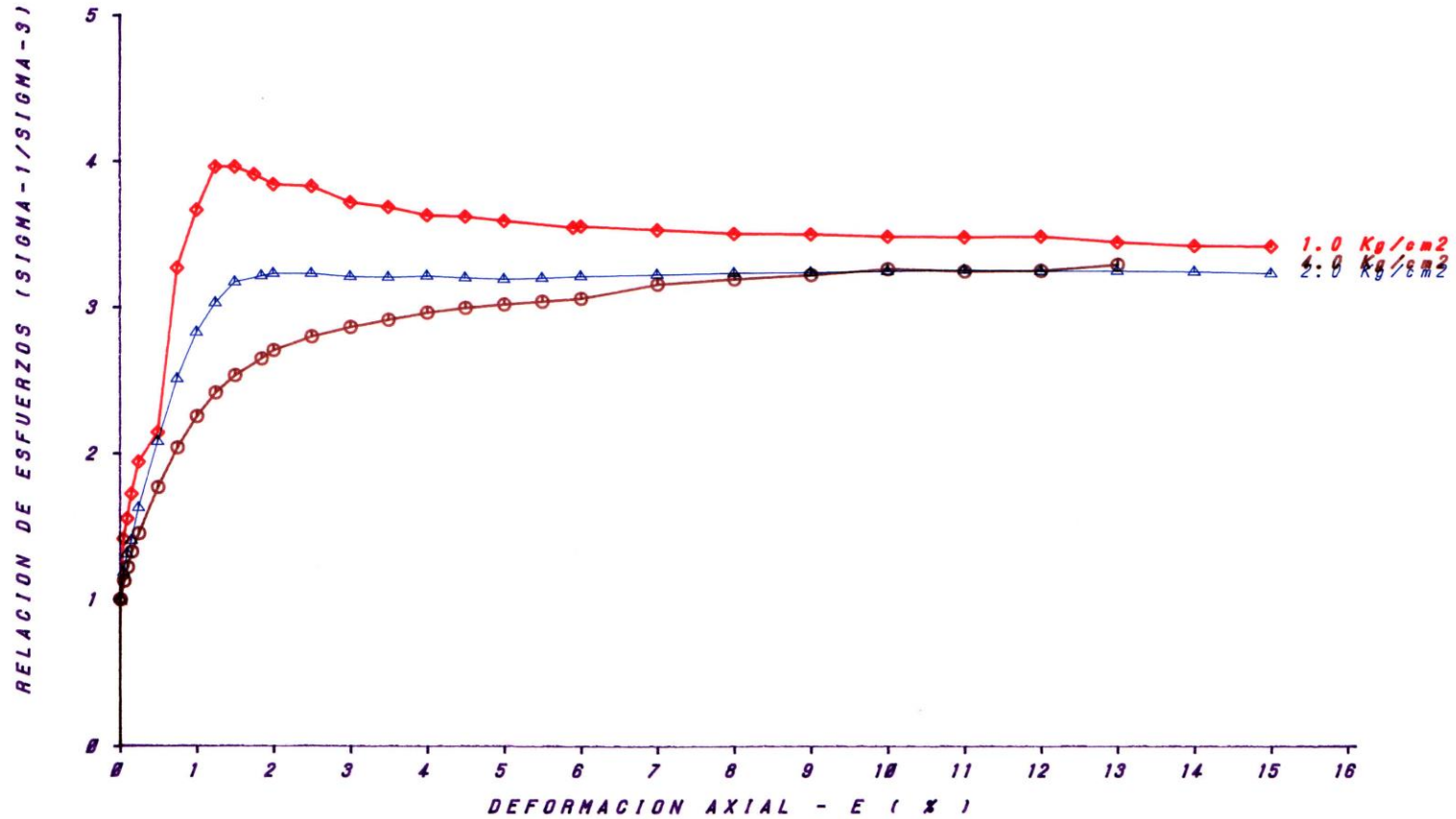


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - GISMID

SIGMA-1/SIGMA-3 vs DEFORMACION AXIAL

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-1
MUESTRA : M1-1
PROF. (m) : 1.40
CLASIF. (SUCS) : ML



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

CIRCULO DE MOHR

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-1
NUESTRA : NI-1
PROF. (m) : 1.40
CLASIF. (SUCS) : ML

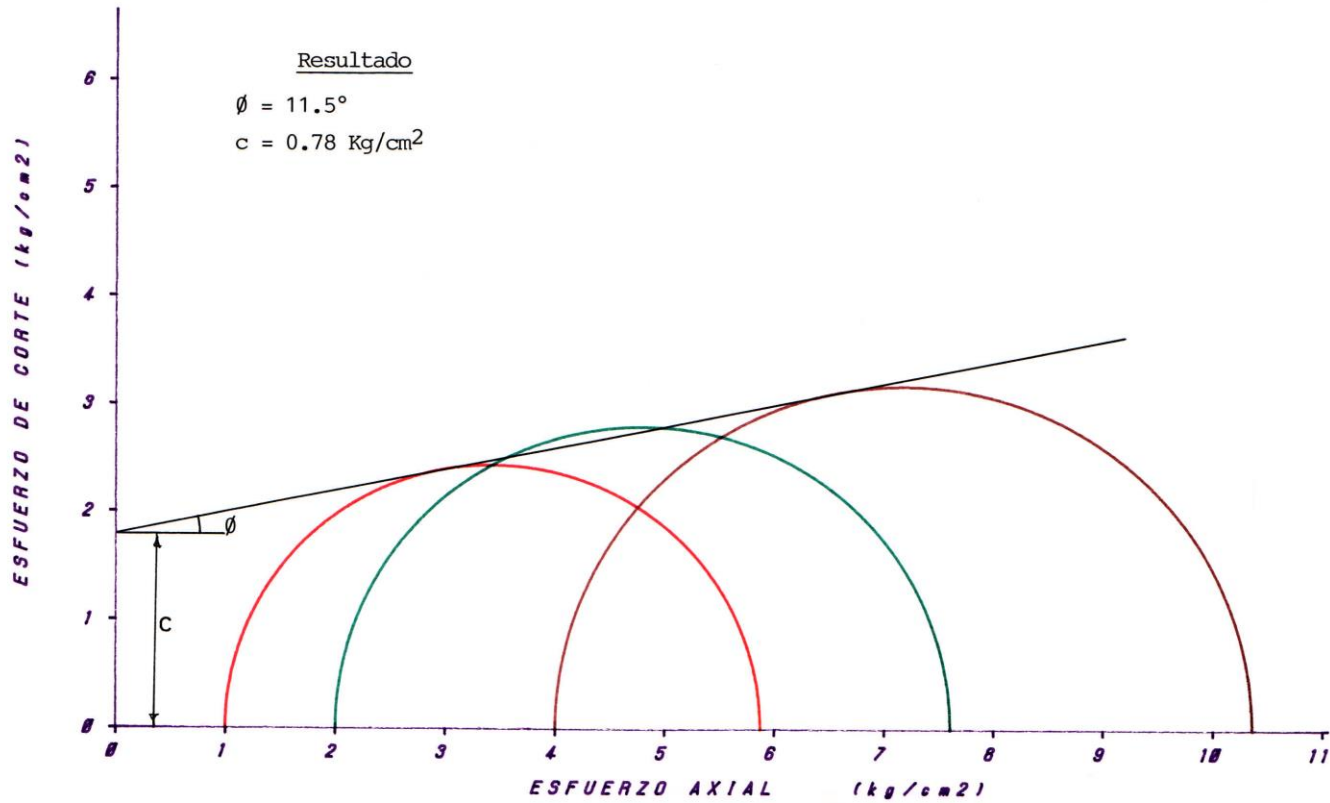


DIAGRAMA P - Q

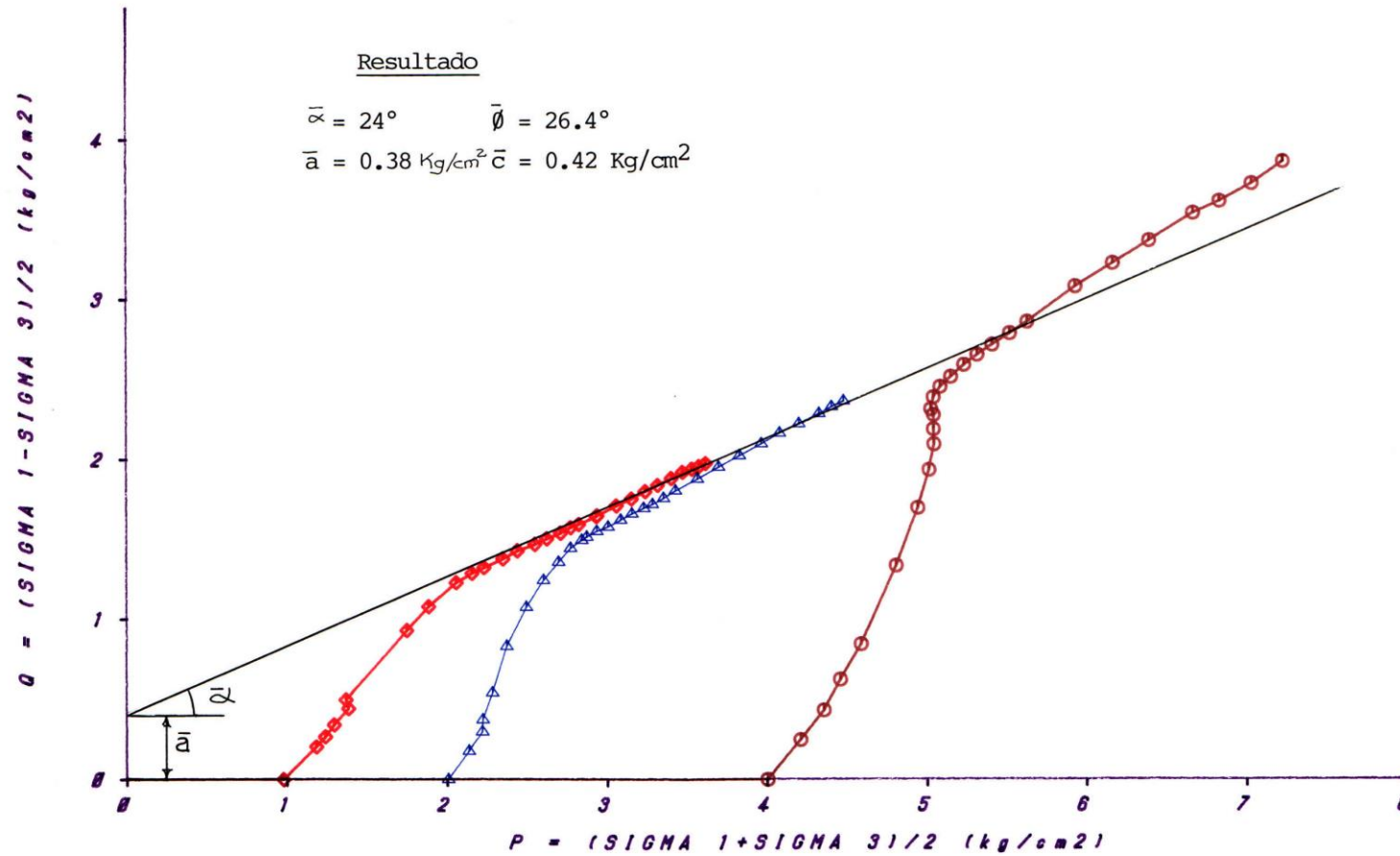
PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-1
MUESTRA : M1-1
PROF. (m) : 1.40
CLASIF. (SUGS) : ML

Resultado

$$\bar{\alpha} = 24^\circ \quad \bar{\phi} = 26.4^\circ$$

$$\bar{a} = 0.38 \text{ Kg/cm}^2 \quad \bar{c} = 0.42 \text{ Kg/cm}^2$$





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ.de La CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
CALICATA : C-2
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.60
CLASIFICACION (SUCS) : CL
ESTADO : INALTERADO
TIPO DE ENSAYO : CU CONSOLIDADO - NO DRENADO
VELOCIDAD DE CARGA : 0.20 mm/min
FECHA : 08-04-92

=====



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ.de La CIUDAD de HUARAZ
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.60
FECHA : 08-04-92

ESPECIMEN : 1
DIAMETRO : 5.03 cm
ALTURA : 9.98 cm
DENSIDAD SECA : 1.54 gr/cm³
HUMEDAD INICIAL : 18.85 %
HUMEDAD FINAL : 26.70 %
PRESION DE CELDA INICIAL : 3.00 Kg/cm²
CONTRA PRESION INICIAL : 2.00 Kg/cm²
ESF. EFECT. SIGMA₃ INICIAL : 1.00 Kg/cm²

DEF	ESF.DESV	P.P.	SIGMA-3	SIGMA-1	P	Q	2Q	Q/P	OBLIC
E%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	S1/S3
0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.08	0.05	0.95	1.03	0.99	0.04	0.08	0.04	1.08
0.10	0.28	0.09	0.91	1.19	1.05	0.14	0.28	0.13	1.31
0.15	0.45	0.14	0.86	1.31	1.09	0.23	0.45	0.21	1.52
0.25	0.66	0.22	0.78	1.44	1.11	0.33	0.66	0.30	1.85
0.50	0.80	0.34	0.66	1.46	1.06	0.40	0.80	0.38	2.21
0.85	0.83	0.45	0.55	1.38	0.97	0.42	0.83	0.43	2.51
1.00	0.83	0.49	0.51	1.34	0.93	0.42	0.83	0.45	2.63
1.35	0.82	0.53	0.47	1.29	0.88	0.41	0.82	0.47	2.74
1.60	0.80	0.56	0.44	1.24	0.84	0.40	0.80	0.48	2.82
1.75	0.80	0.57	0.43	1.23	0.83	0.40	0.80	0.48	2.86
2.00	0.79	0.59	0.41	1.20	0.81	0.40	0.79	0.49	2.93
2.50	0.75	0.60	0.40	1.15	0.78	0.38	0.75	0.48	2.88
3.00	0.73	0.62	0.38	1.11	0.75	0.37	0.73	0.49	2.92
3.50	0.70	0.63	0.37	1.07	0.72	0.35	0.70	0.49	2.89
4.00	0.70	0.64	0.36	1.06	0.71	0.35	0.70	0.49	2.94
4.50	0.69	0.65	0.35	1.04	0.70	0.35	0.69	0.50	2.97
5.00	0.67	0.65	0.35	1.02	0.69	0.34	0.67	0.49	2.91
5.50	0.67	0.65	0.35	1.02	0.69	0.34	0.67	0.49	2.91
6.00	0.67	0.66	0.34	1.01	0.68	0.34	0.67	0.50	2.97
7.00	0.66	0.66	0.34	1.00	0.67	0.33	0.66	0.49	2.94
8.00	0.65	0.66	0.34	0.99	0.67	0.33	0.65	0.49	2.91
9.00	0.65	0.66	0.34	0.99	0.67	0.33	0.65	0.49	2.91
10.00	0.66	0.66	0.34	1.00	0.67	0.33	0.66	0.49	2.94
11.00	0.66	0.65	0.35	1.01	0.68	0.33	0.66	0.49	2.89
12.00	0.67	0.65	0.35	1.02	0.69	0.34	0.67	0.49	2.91
13.00	0.67	0.65	0.35	1.02	0.69	0.34	0.67	0.49	2.91



ENSAYO TRIAXIAL

SOLICITANTE : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ.de la CIUDAD de HUARAZ
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.60
FECHA : 08-04-92

ESPECIMEN : 2
DIAMETRO : 5.14 cm
ALTURA : 9.99 cm
DENSIDAD SECA : 1.52 gr/cm³
HUMEDAD INICIAL : 18.83 %
HUMEDAD FINAL : 25.71 %
PRESION DE CELDA INICIAL : 4.00 Kg/cm²
CONTRA PRESION INICIAL : 2.00 Kg/cm²
ESF. EFECT. SIGMA3 INICIAL : 2.00 Kg/cm²

DEF E%	ESF.DESV kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	SIGMA-3 kg/cm ²	SIGMA-1 kg/cm ²	P kg/cm ²	Q kg/cm ²	2Q kg/cm ²	Q/P kg/cm ²	OBLIC S1/S3
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.34	0.13	1.87	2.21	2.04	0.17	0.34	0.08	1.18
0.10	0.51	0.19	1.81	2.32	2.07	0.26	0.51	0.12	1.28
0.15	0.63	0.27	1.73	2.36	2.05	0.32	0.63	0.15	1.36
0.25	0.78	0.39	1.61	2.39	2.00	0.39	0.78	0.20	1.48
0.50	0.97	0.62	1.38	2.35	1.87	0.49	0.97	0.26	1.70
0.75	1.10	0.80	1.20	2.30	1.75	0.55	1.10	0.31	1.92
1.00	1.15	0.90	1.10	2.25	1.68	0.58	1.15	0.34	2.05
1.25	1.20	0.98	1.02	2.22	1.62	0.60	1.20	0.37	2.18
1.50	1.23	1.04	0.96	2.19	1.58	0.62	1.23	0.39	2.28
1.75	1.23	1.09	0.91	2.14	1.53	0.62	1.23	0.40	2.35
2.00	1.23	1.12	0.88	2.11	1.50	0.62	1.23	0.41	2.40
2.50	1.22	1.18	0.82	2.04	1.43	0.61	1.22	0.43	2.49
3.00	1.18	1.22	0.78	1.96	1.37	0.59	1.18	0.43	2.51
3.50	1.15	1.24	0.76	1.91	1.34	0.58	1.15	0.43	2.51
4.00	1.14	1.27	0.73	1.87	1.30	0.57	1.14	0.44	2.56
4.70	1.13	1.29	0.71	1.84	1.28	0.57	1.13	0.44	2.59
5.00	1.11	1.30	0.70	1.81	1.26	0.56	1.11	0.44	2.59
5.50	1.11	1.31	0.69	1.80	1.25	0.56	1.11	0.45	2.61
6.00	1.11	1.31	0.69	1.80	1.25	0.56	1.11	0.45	2.61
7.00	1.14	1.32	0.68	1.82	1.25	0.57	1.14	0.46	2.68
8.00	1.14	1.33	0.67	1.81	1.24	0.57	1.14	0.46	2.70
9.40	1.15	1.33	0.67	1.82	1.25	0.58	1.15	0.46	2.72
10.00	1.15	1.33	0.67	1.82	1.25	0.58	1.15	0.46	2.72
11.00	1.17	1.33	0.67	1.84	1.26	0.59	1.17	0.47	2.75
12.00	1.18	1.33	0.67	1.85	1.26	0.59	1.18	0.47	2.76
13.00	1.18	1.33	0.67	1.85	1.26	0.59	1.18	0.47	2.76
14.00	1.19	1.32	0.68	1.87	1.28	0.60	1.19	0.47	2.75
15.00	1.22	1.32	0.68	1.90	1.29	0.61	1.22	0.47	2.79
16.21	1.23	1.31	0.69	1.92	1.31	0.62	1.23	0.47	2.78



ENSAYO TRIAXIAL

SOLICITANTE : GISMID - JICA
PROYECTO : MICROZ.de La CIUDAD de HUARAZ
MUESTRA : MI-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.60
FECHA : 08-04-92

ESPECIMEN : 3
DIAMETRO : 5.14 cm
ALTURA : 9.99 cm
DENSIDAD SECA : 1.49 gr/cm³
HUMEDAD INICIAL : 19.04 %
HUMEDAD FINAL : 24.12 %
PRESION DE CELDA INICIAL : 6.00 Kg/cm²
CONTRA PRESION INICIAL : 2.00 Kg/cm²
ESF. EFECT. SIGMA3 INICIAL : 4.00 Kg/cm²

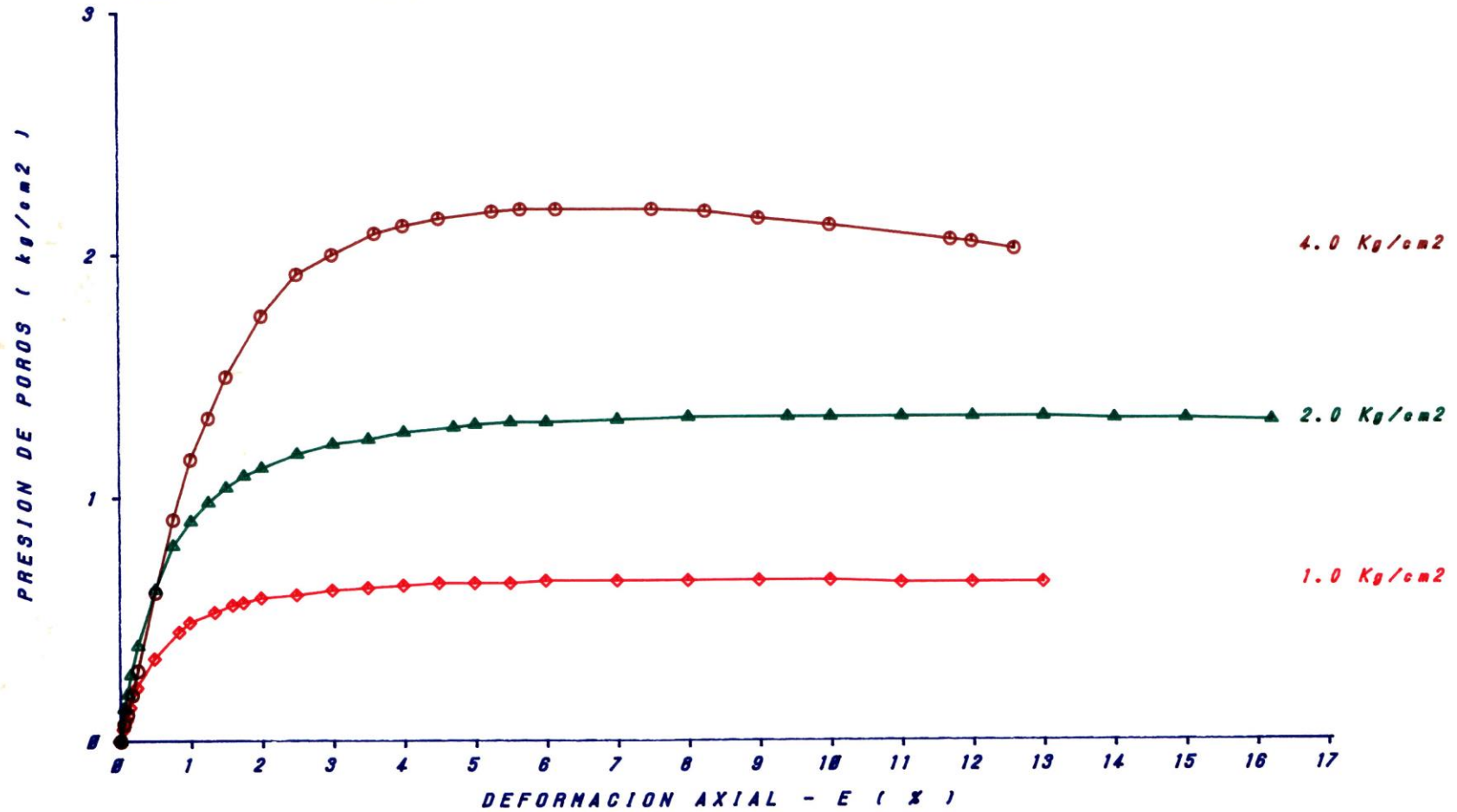
DEF EN	ESF.DESV kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	SIGMA-3 kg/cm ²	SIGMA-1 kg/cm ²	P kg/cm ²	Q kg/cm ²	2Q kg/cm ²	Q/P kg/cm ²	OBLIC S1/S3
0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.75	0.07	3.93	4.68	4.31	0.38	0.75	0.09	1.19
0.10	0.87	0.11	3.89	4.76	4.33	0.44	0.87	0.10	1.22
0.17	1.04	0.19	3.81	4.85	4.33	0.52	1.04	0.12	1.27
0.25	1.14	0.29	3.71	4.85	4.28	0.57	1.14	0.13	1.31
0.50	1.41	0.61	3.39	4.80	4.10	0.71	1.41	0.17	1.42
0.75	1.64	0.91	3.09	4.73	3.91	0.82	1.64	0.21	1.53
1.00	1.80	1.16	2.84	4.64	3.74	0.90	1.80	0.24	1.63
1.25	1.89	1.33	2.67	4.56	3.62	0.95	1.89	0.26	1.71
1.50	1.97	1.50	2.50	4.47	3.49	0.99	1.97	0.28	1.79
2.00	2.07	1.75	2.25	4.32	3.29	1.04	2.07	0.32	1.92
2.50	2.11	1.92	2.08	4.19	3.14	1.06	2.11	0.34	2.01
3.00	2.12	2.00	2.00	4.12	3.06	1.06	2.12	0.35	2.06
3.60	2.15	2.09	1.91	4.06	2.99	1.08	2.15	0.36	2.13
4.00	2.15	2.12	1.88	4.03	2.96	1.08	2.15	0.36	2.14
4.50	2.16	2.15	1.85	4.01	2.93	1.08	2.16	0.37	2.17
5.25	2.18	2.18	1.82	4.00	2.91	1.09	2.18	0.37	2.20
5.65	2.19	2.19	1.81	4.00	2.91	1.10	2.19	0.38	2.21
6.15	2.20	2.19	1.81	4.01	2.91	1.10	2.20	0.38	2.22
7.50	2.27	2.19	1.81	4.08	2.95	1.14	2.27	0.39	2.25
8.25	2.29	2.18	1.82	4.11	2.97	1.15	2.29	0.39	2.26
9.00	2.33	2.15	1.85	4.18	3.02	1.17	2.33	0.39	2.26
10.00	2.41	2.12	1.88	4.29	3.09	1.21	2.41	0.39	2.28
11.70	2.46	2.06	1.94	4.40	3.17	1.23	2.46	0.39	2.27
12.00	2.49	2.05	1.95	4.44	3.20	1.25	2.49	0.39	2.28
12.60	2.51	2.02	1.98	4.49	3.24	1.26	2.51	0.39	2.27

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

PRESION DE POROS vs DEFORMACION AXIAL

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 88-84-92

CALICATA : C-2
MUESTRA : M1-1
PROF. (m) : 1.60
CLASIF. (SUCS) : CL

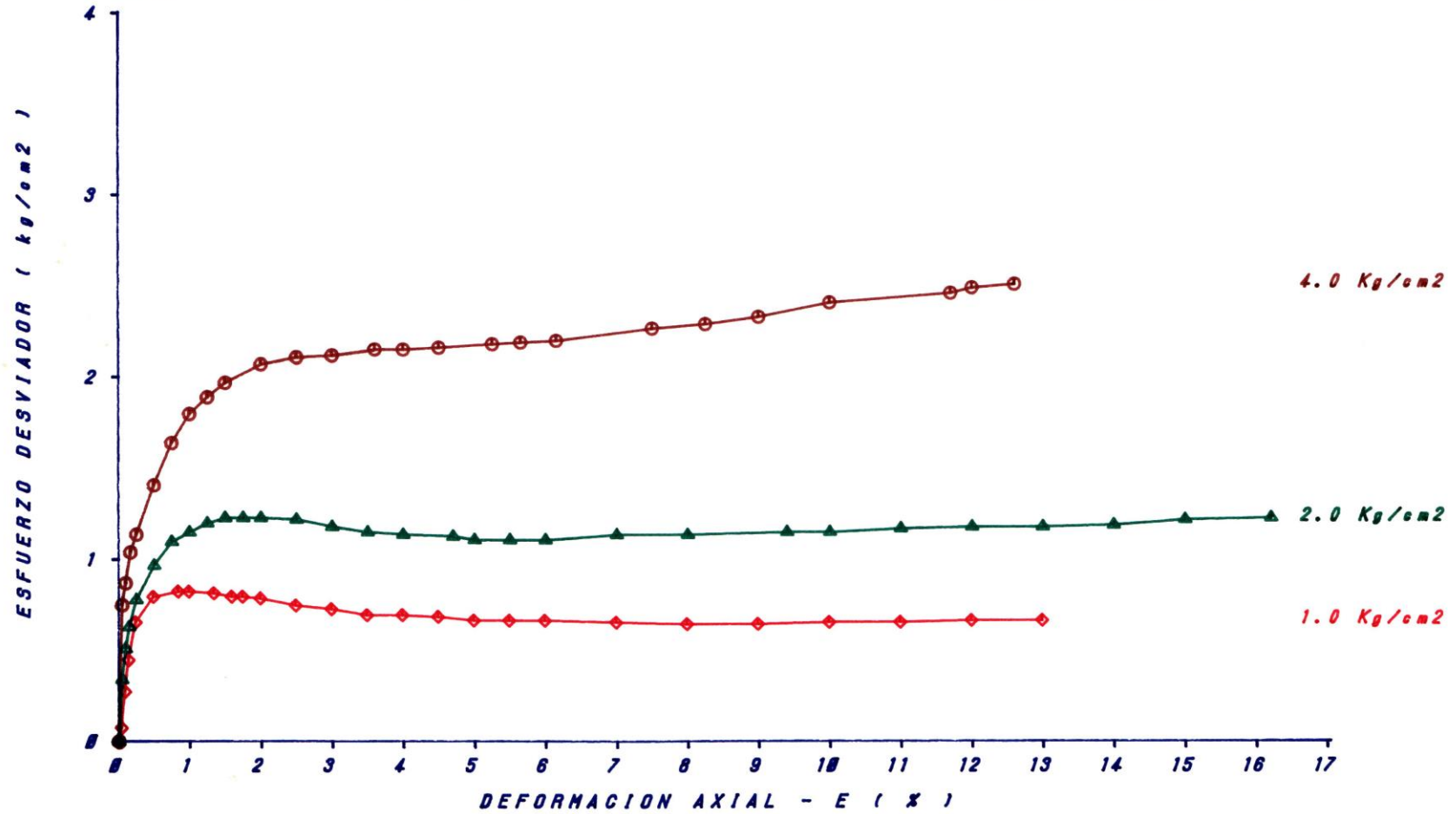


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

ESFUERZO DESVIADOR vs DEFORMACION AXIAL

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-2
MUESTRA : NI-1
PROF. (m) : 1.60
CLASIF. (SUCS) : CL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

SIGMA-1/SIGMA-3 vs DEFORMACION AXIAL

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-2
MUESTRA : M1-1
PROF. (m) : 1.60
CLASIF. (SUCS) : CL

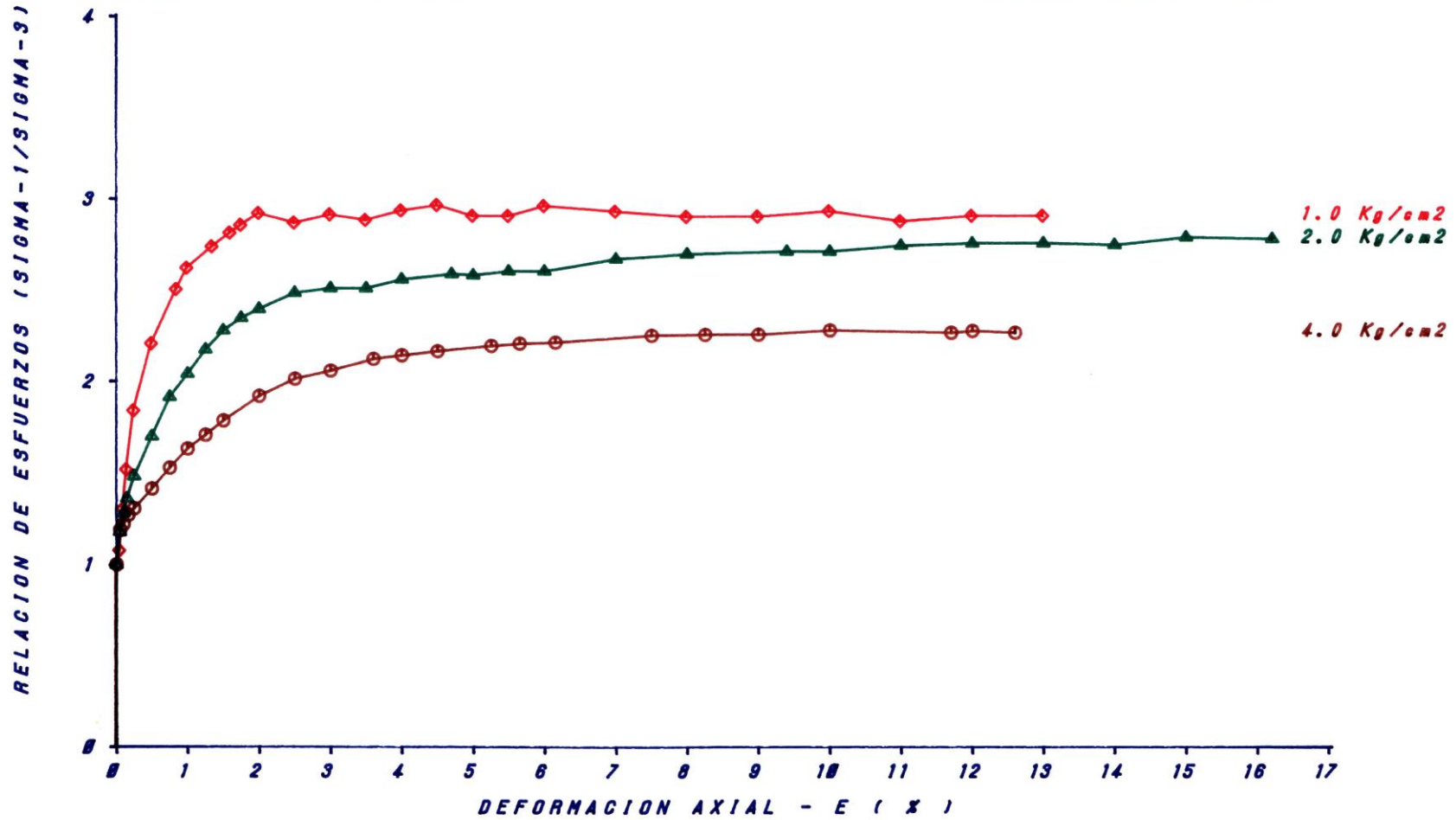
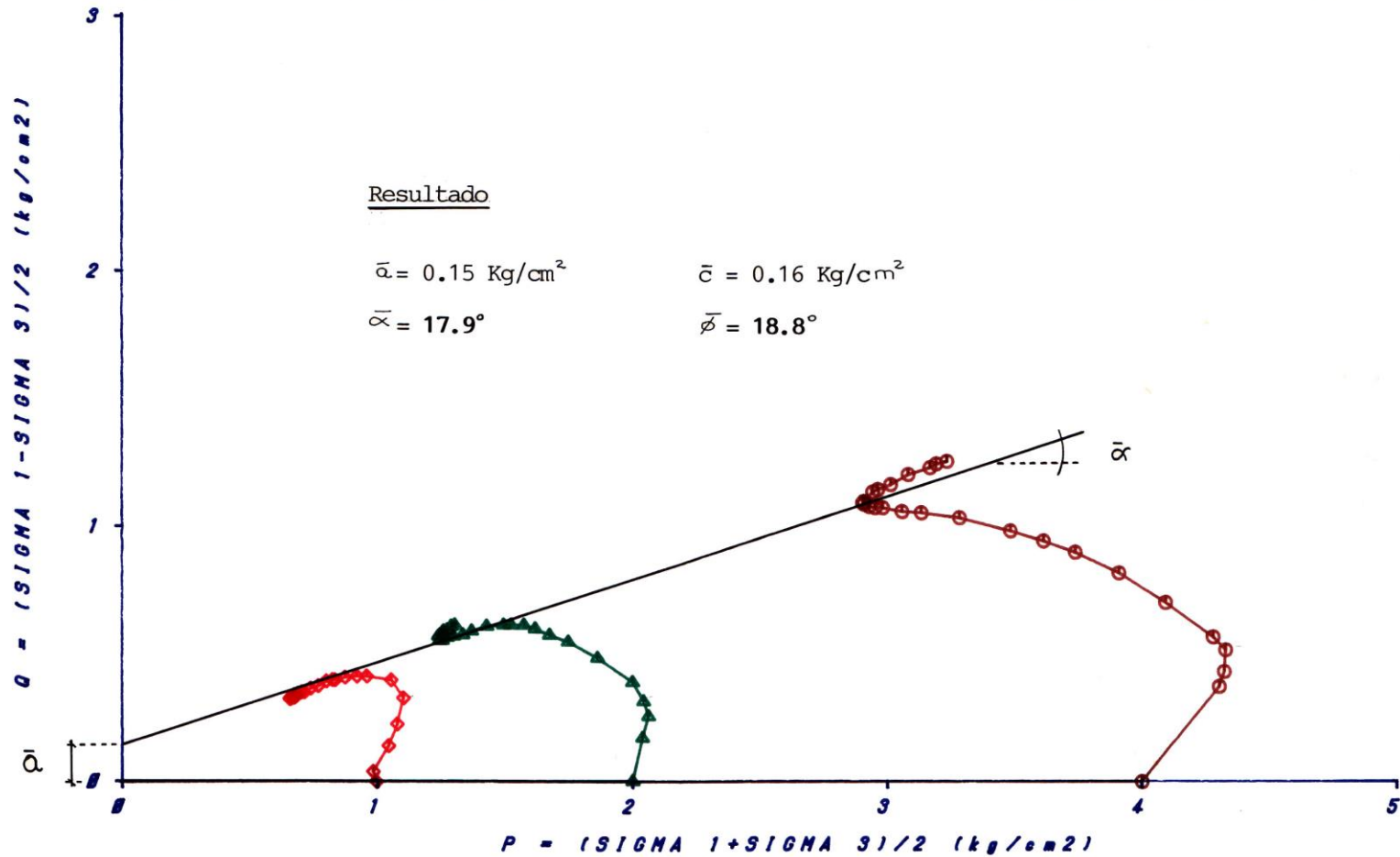


DIAGRAMA P - Q

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
 LUGAR : HUARAZ
 TIPO DE ENSAYO : CU
 FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-2
 NUESTRA : NI-1
 PROF. (m) : 1.60
 CLASIF. (SUCS) : CL

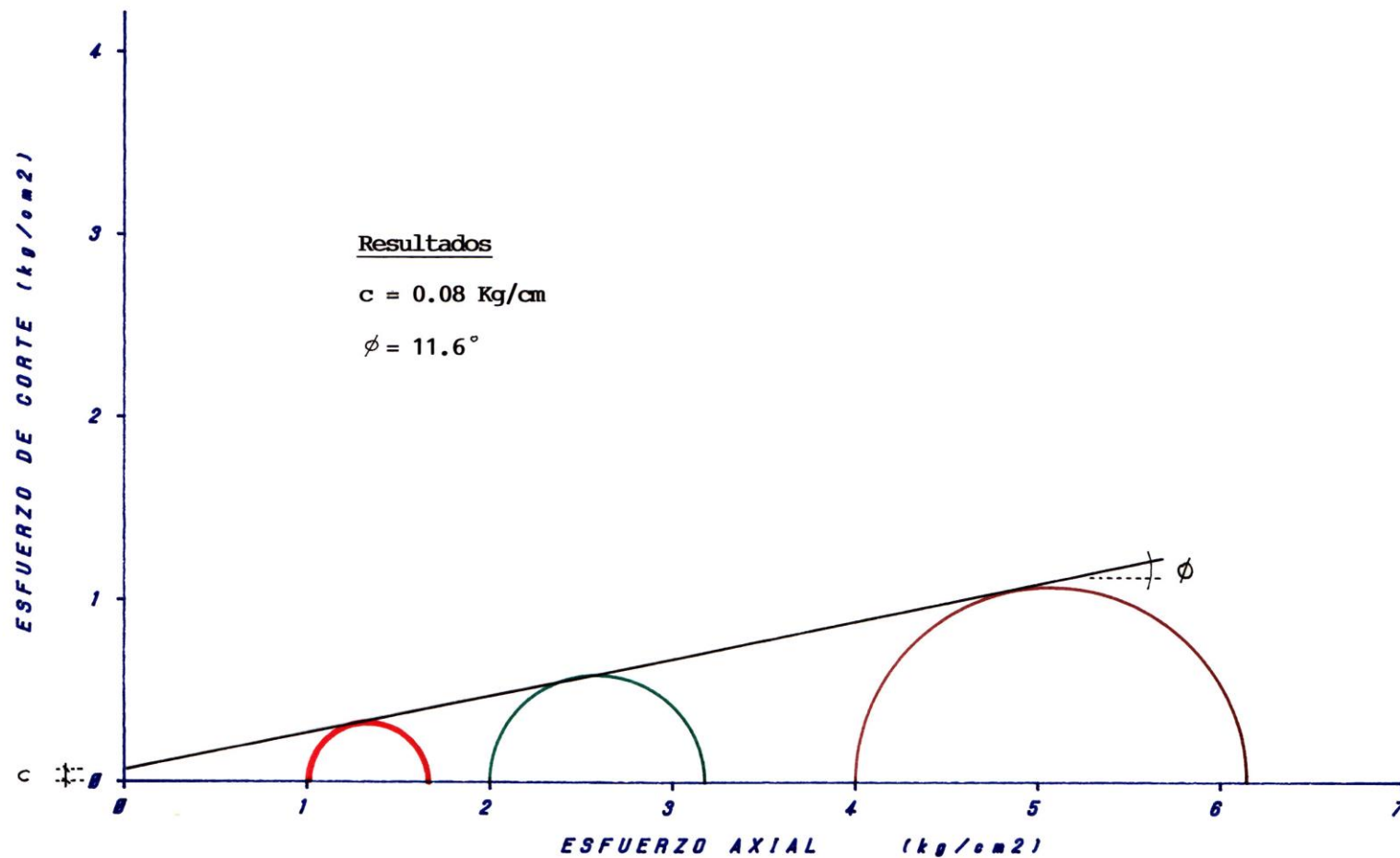


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

CIRCULO DE MOHR

PROYECTO : MICROZ. de la CIUDAD de HUARAZ
LUGAR : HUARAZ
TIPO DE ENSAYO : CU
FECHA : 08-04-92

CALICATA : C-2
MUESTRA : M1-1
PROF. (m) : 1.60
CLASIF. (SUCS) : CL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Cdad. Univers. - Shancayan

SONDAJE : CPT-1
FECHA : 28/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.

No	PROF. (mt)	LECTURA DIAL	qc (kg/cm ²)
1	1.10	120.0	108.84
2	1.25	130.0	117.91
3	1.50	155.0	139.95
4	1.75	42.0	38.44
5	2.00	40.0	36.61
6	2.25	145.0	130.93
7	2.50	220.0	198.65



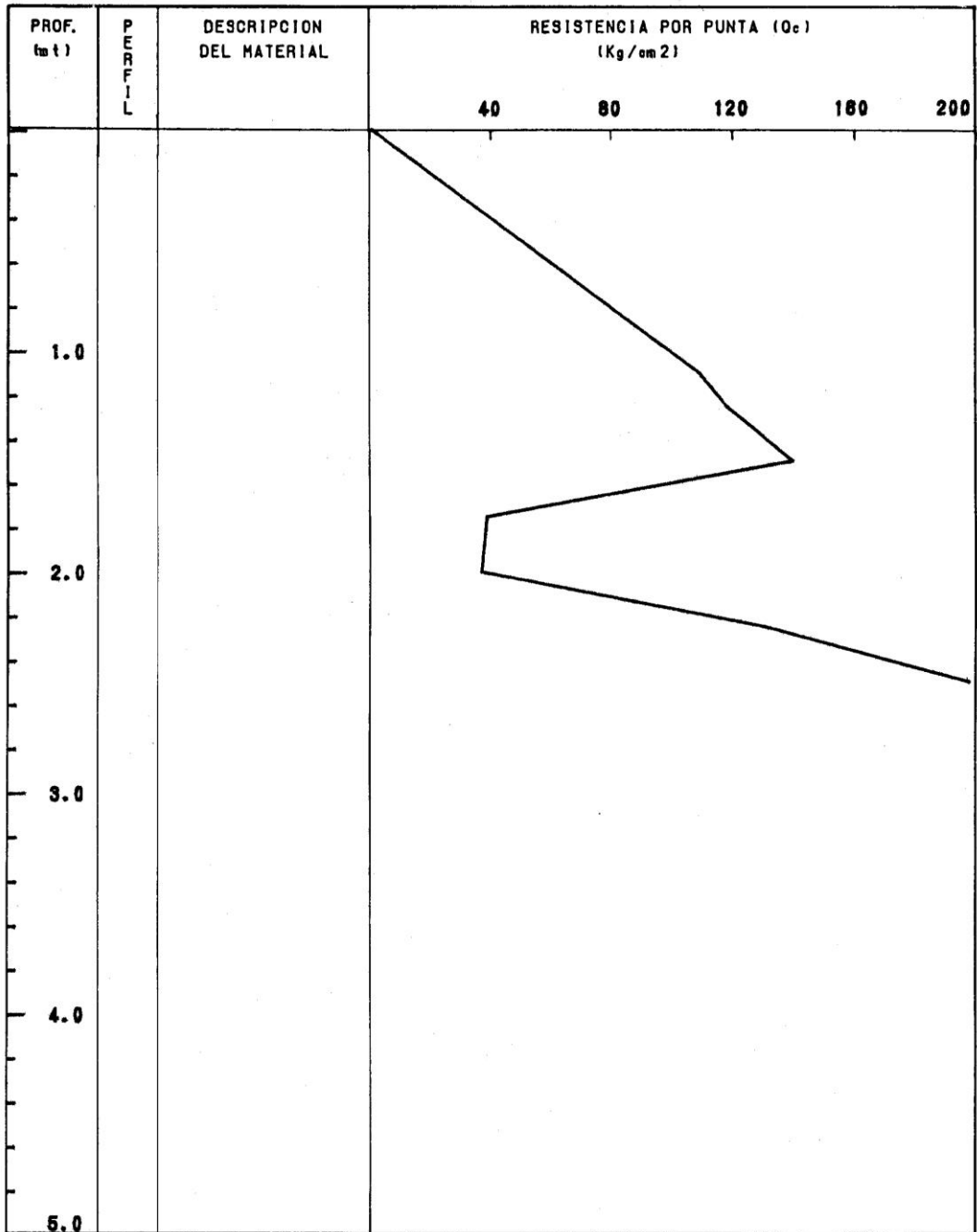
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - Laboratorio Geotécnico



ENSAYO DE PENETRACION
 CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
 PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
 UBICACION : Cdad. Unvers. - Shaoayan

SONDAJE : CPT-1
 FECHA : 28/08/81
 OPERADOR : A.B.C. - G.H.E.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Cdad. Univers. - Shancayan

SONDAJE : CPT-2
FECHA : 29/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.

No	PROF. (mt)	LECTURA DIAL	qc (kg/cm2)
1	0.50	16.0	14.55
2	0.75	19.0	17.27
3	1.00	13.0	11.82
4	1.25	12.0	10.91
5	1.50	6.0	5.45
6	1.75	11.0	10.00
7	2.00	42.0	38.44
8	2.25	20.0	18.18
9	2.50	29.0	26.54
10	2.75	48.0	43.74
11	3.00	120.0	108.84
12	3.25	220.0	198.65



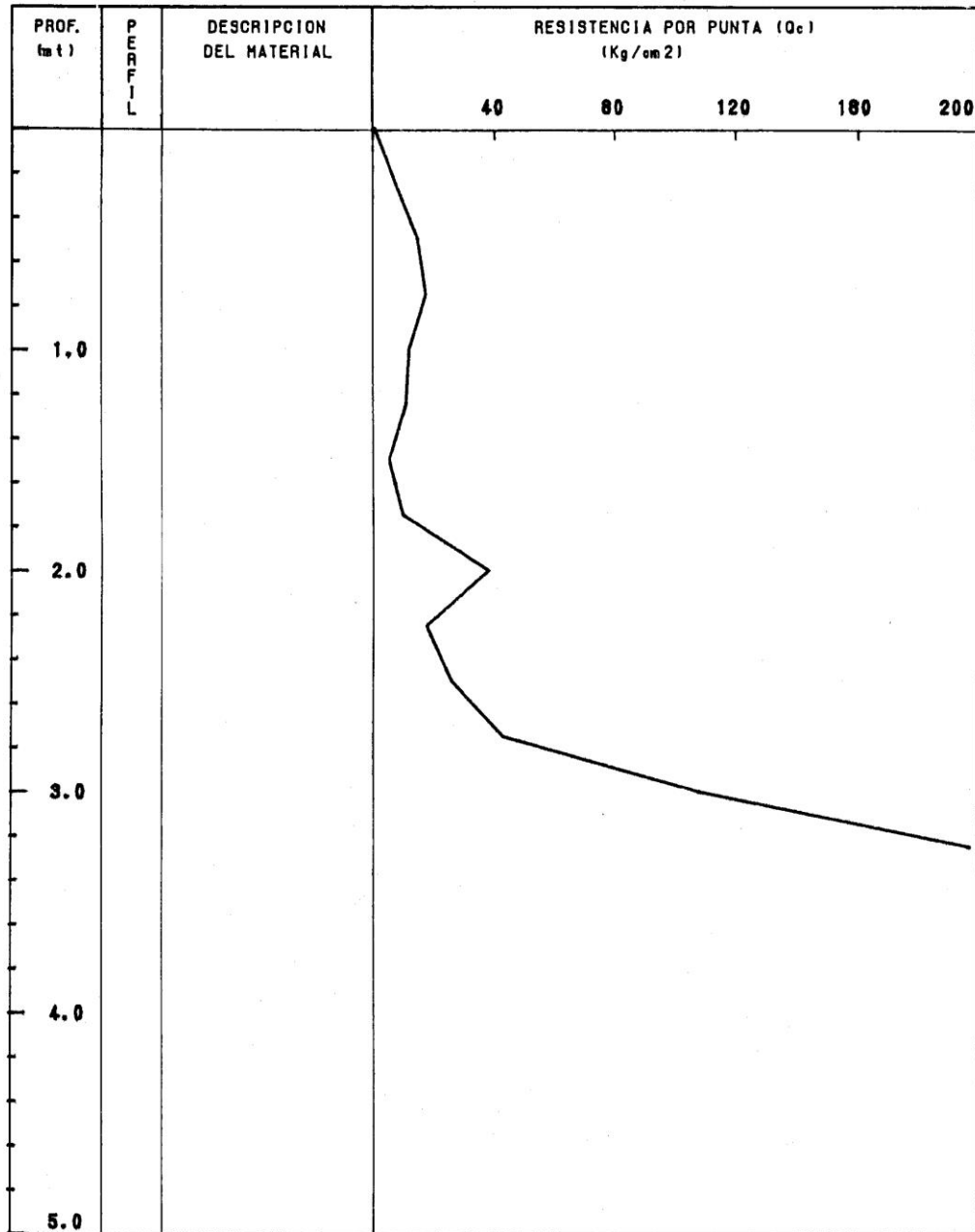
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID - Laboratorio Geotécnico



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Cdad. Univer. - Shancayan

SONDAJE : CPT-2
FECHA : 29/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Cdad. Univers. - Shancayan
SONDAJE : CPT-3
FECHA : 29/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.

No	PROF. (mt)	LECTURA DIAL	qc (kg/cm ²)
1	0.50	17.0	15.45
2	0.75	10.0	9.09
3	1.00	4.0	3.64
4	1.25	9.0	8.18
5	1.50	8.0	7.27
6	1.75	5.0	4.55
7	2.00	5.0	4.55
8	2.25	4.0	3.64
9	2.50	4.0	3.64
10	2.75	5.0	4.55
11	3.00	7.0	6.36
12	3.25	5.0	4.55
13	3.50	9.0	8.18
14	3.75	7.0	6.36
15	4.00	8.0	7.27
16	4.25	7.0	6.36
17	4.50	7.0	6.36
18	4.75	8.0	7.27
19	5.00	9.0	8.18
20	5.25	9.0	8.18
21	5.50	7.0	6.36
22	5.75	10.0	9.09
23	6.00	14.0	12.73
24	6.25	30.0	27.46
25	6.50	58.0	52.85
26	6.75	50.0	45.56
27	7.00	67.0	61.05
28	7.25	55.0	50.11
29	7.50	33.0	30.21
30	7.75	22.0	20.00
31	8.00	27.0	24.71
32	8.25	220.0	198.65



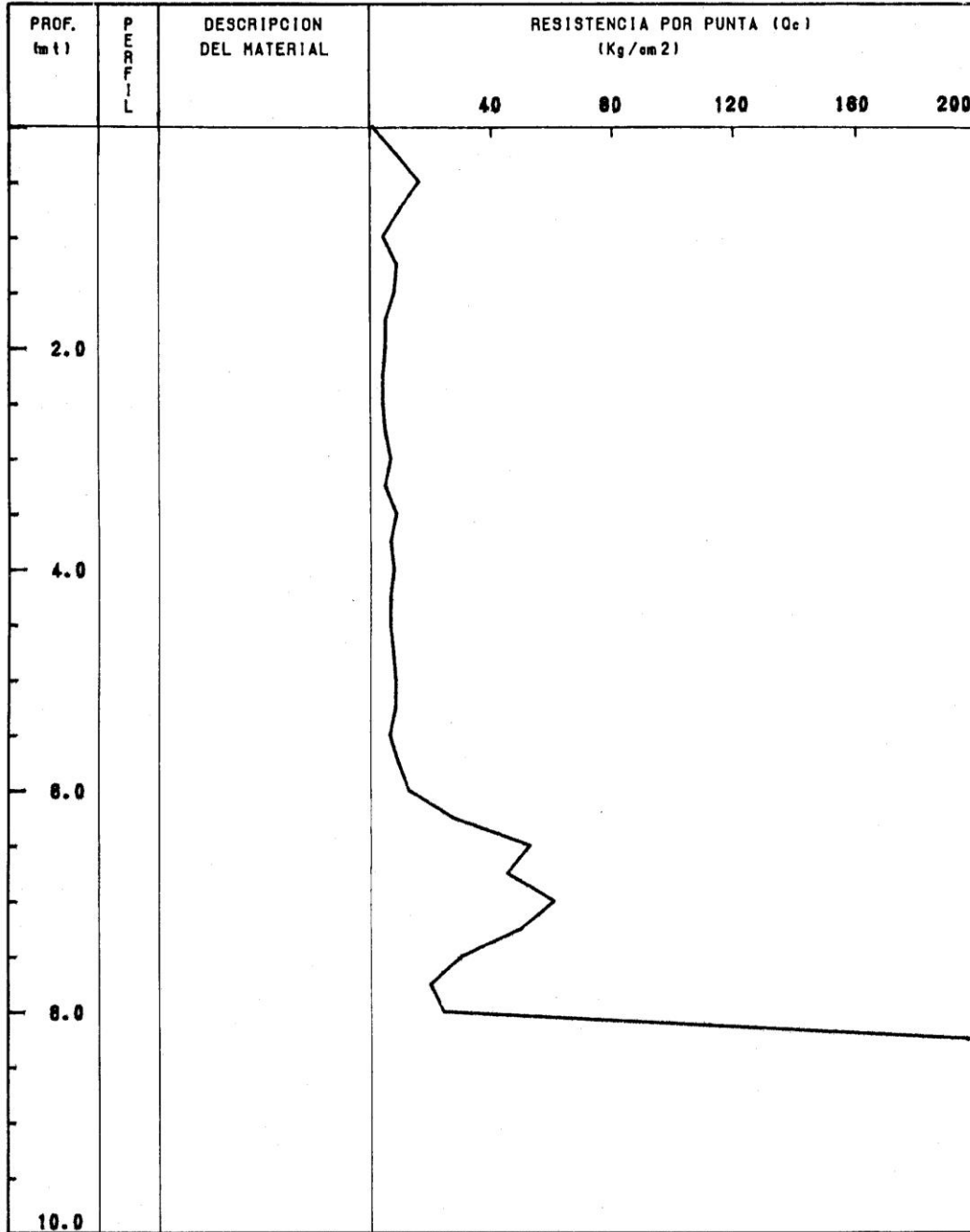
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - Laboratorio Geotécnico



ENSAYO DE PENETRACION
 CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
 PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
 UBICACION : Cdad. Univers. - Shanccayan

SONDAJE : CPT-3
 FECHA : 29/08/91
 OPERADOR : A.B.O. - C.H.E.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Cdad. Univers. - Shancayan

SONDAJE : CPT-4
FECHA : 29/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.

No	PROF. (mt)	LECTURA DIAL	qc (kg/cm ²)
1	0.50	12.0	10.91
2	0.75	10.0	9.09
3	1.00	9.0	8.18
4	1.25	11.0	10.00
5	1.50	11.0	10.00
6	1.75	7.0	6.36
7	2.00	6.0	5.45
8	2.25	6.0	5.45
9	2.50	18.0	16.36
10	2.75	15.0	13.64
11	3.00	10.0	9.09
12	3.25	13.0	11.82
13	3.50	8.0	7.27
14	3.75	10.0	9.09
15	4.00	11.0	10.00
16	4.25	6.0	5.45
17	4.50	9.0	8.18
18	4.75	9.0	8.18
19	5.00	17.0	15.45
20	5.25	7.0	6.36
21	5.50	7.0	6.36
22	5.75	9.0	8.18
23	6.00	8.0	7.27
24	6.25	12.0	10.91
25	6.50	12.0	10.91
26	6.75	9.0	8.18
27	7.00	8.0	7.27
28	7.25	6.0	5.45
29	7.50	8.0	7.27
30	7.75	9.0	8.18
31	8.00	13.0	11.82
32	8.25	26.0	23.80
33	8.50	16.0	14.55
34	8.75	18.0	16.36
35	9.00	12.0	10.91
36	9.25	20.0	18.18
37	9.50	15.0	13.64
38	9.75	15.0	13.64



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Cdad. Univers. - Shancayan

SONDAJE : CPT-5
FECHA : 31/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.

No	PROF. (mt)	LECTURA DIAL	qc (kg/cm ²)
1	0.50	21.0	19.09
2	0.75	31.0	28.38
3	1.00	36.0	32.95
4	1.25	63.0	57.40
5	1.50	44.0	40.09
6	1.75	65.0	59.23
7	2.00	75.0	68.34
8	2.25	210.0	189.62



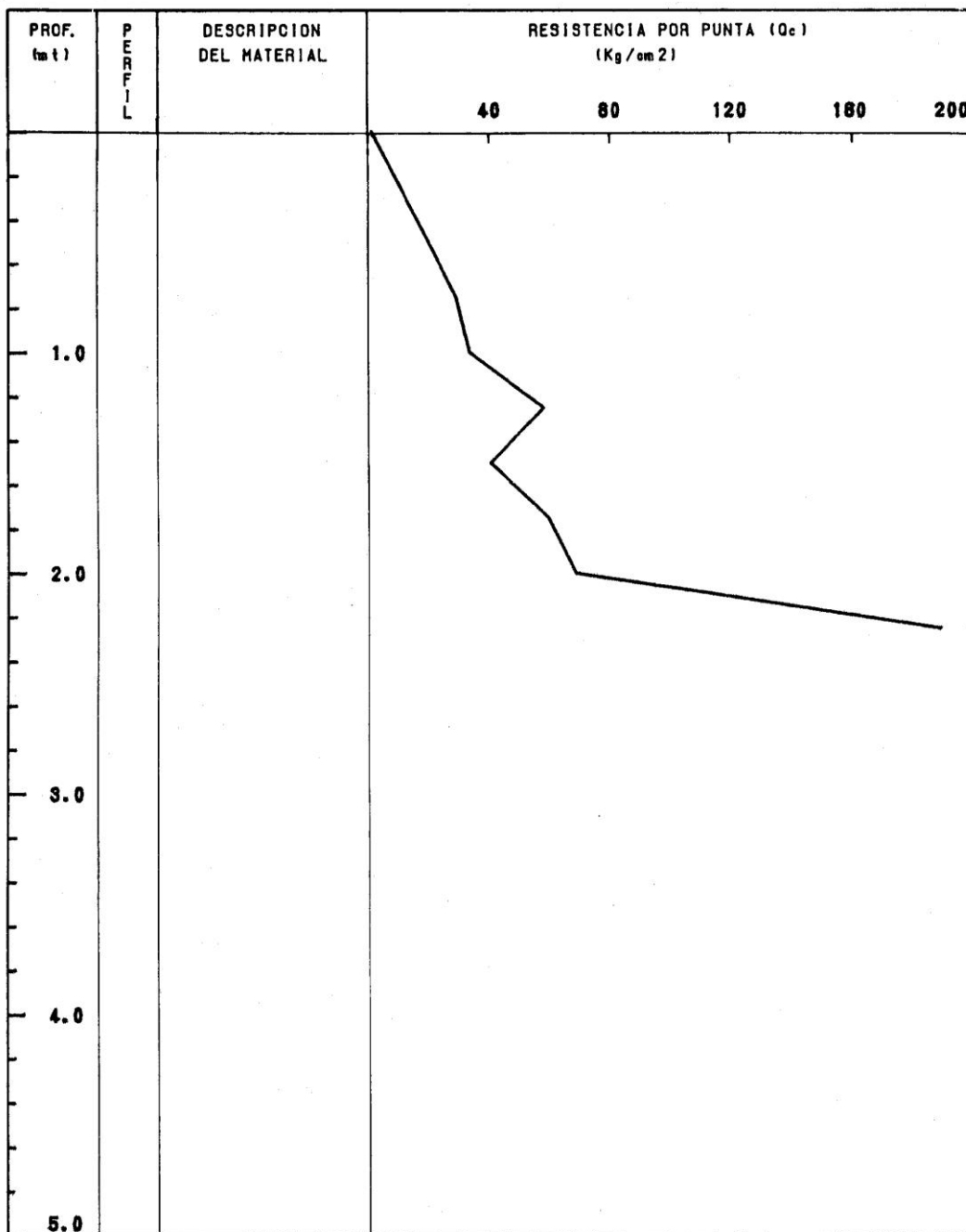
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CISMID - Laboratorio Geotécnico



ENSAYO DE PENETRACION
 CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
 PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
 UBICACION : Cdad. Univer. - Shanenyan

SONDAJE : CPT-5
 FECHA : 31/08/81
 OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Plazuela Belen

SONDAJE : CPT-6
FECHA : 30/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.

No	PROF. (mt)	LECTURA DIAL	qc (kg/cm ²)
1	0.75	11.0	10.00
2	1.00	4.0	3.64
3	1.25	4.0	3.64
4	1.50	5.0	4.55
5	1.80	6.0	5.45
6	2.00	16.0	14.55
7	2.25	5.0	4.55
8	2.50	14.0	12.73
9	2.75	35.0	32.04
10	3.00	87.0	79.27
11	3.25	90.0	81.63
12	3.50	175.0	158.01
13	3.75	220.0	198.65



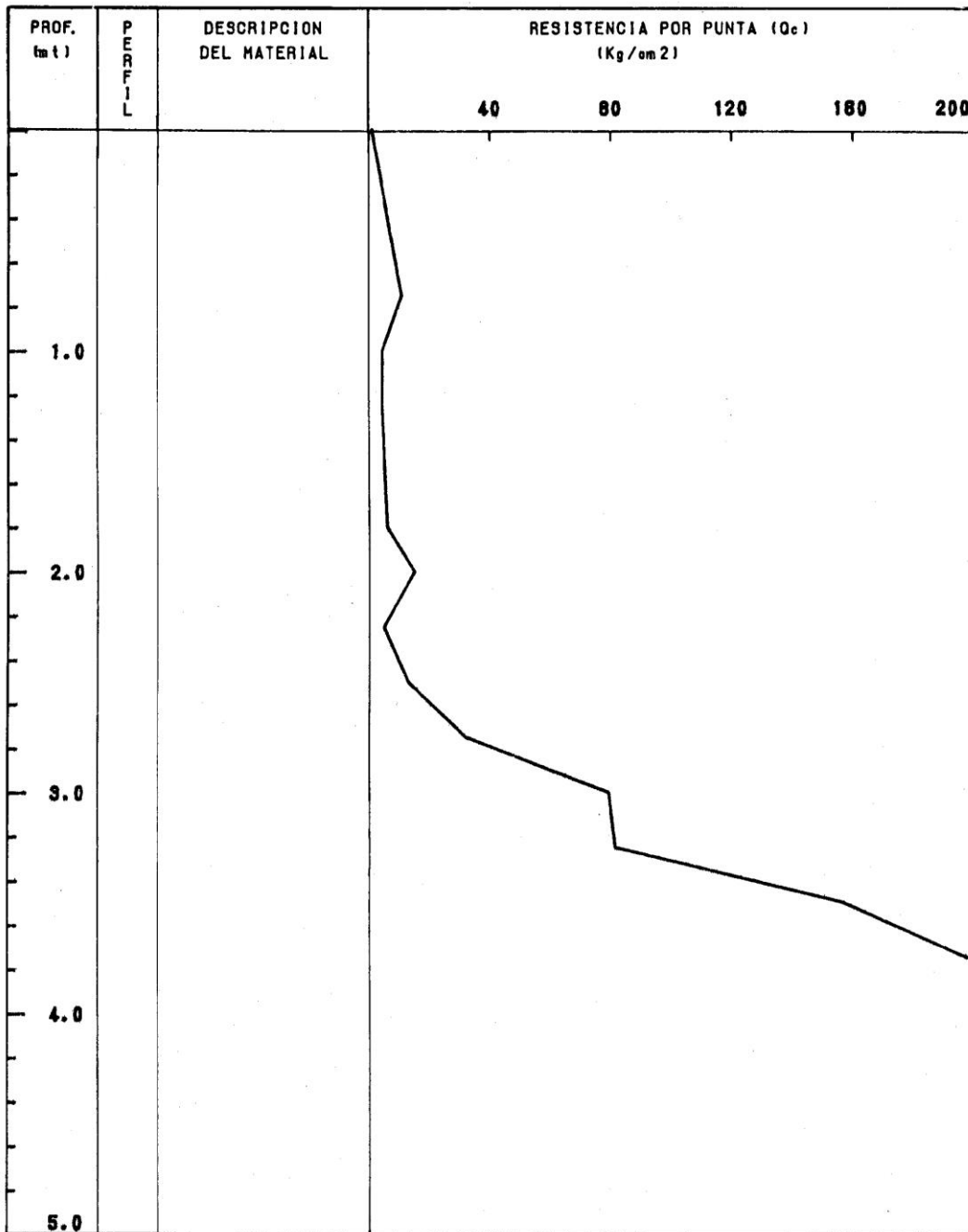
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID - Laboratorio Geotécnico

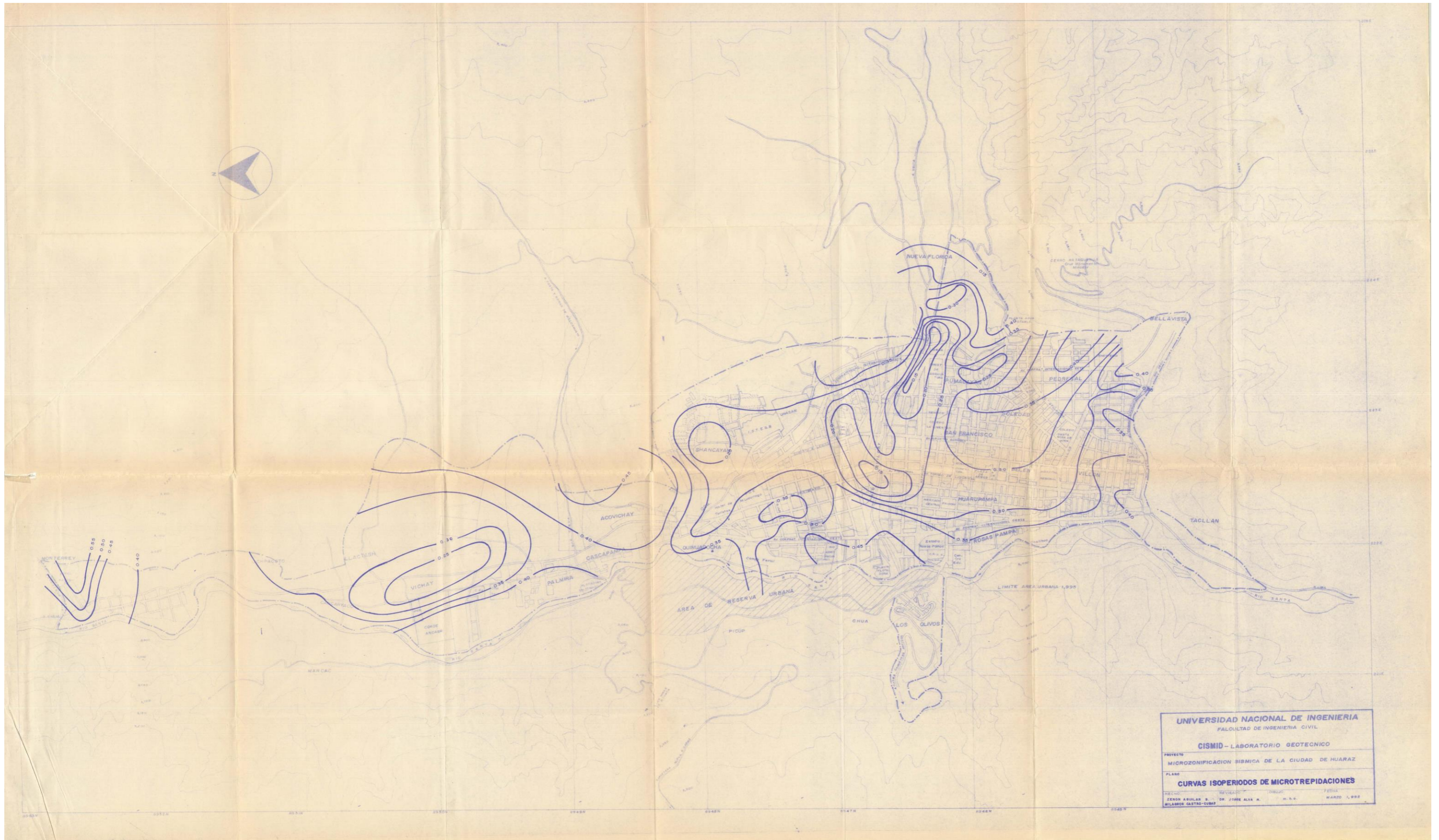


ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

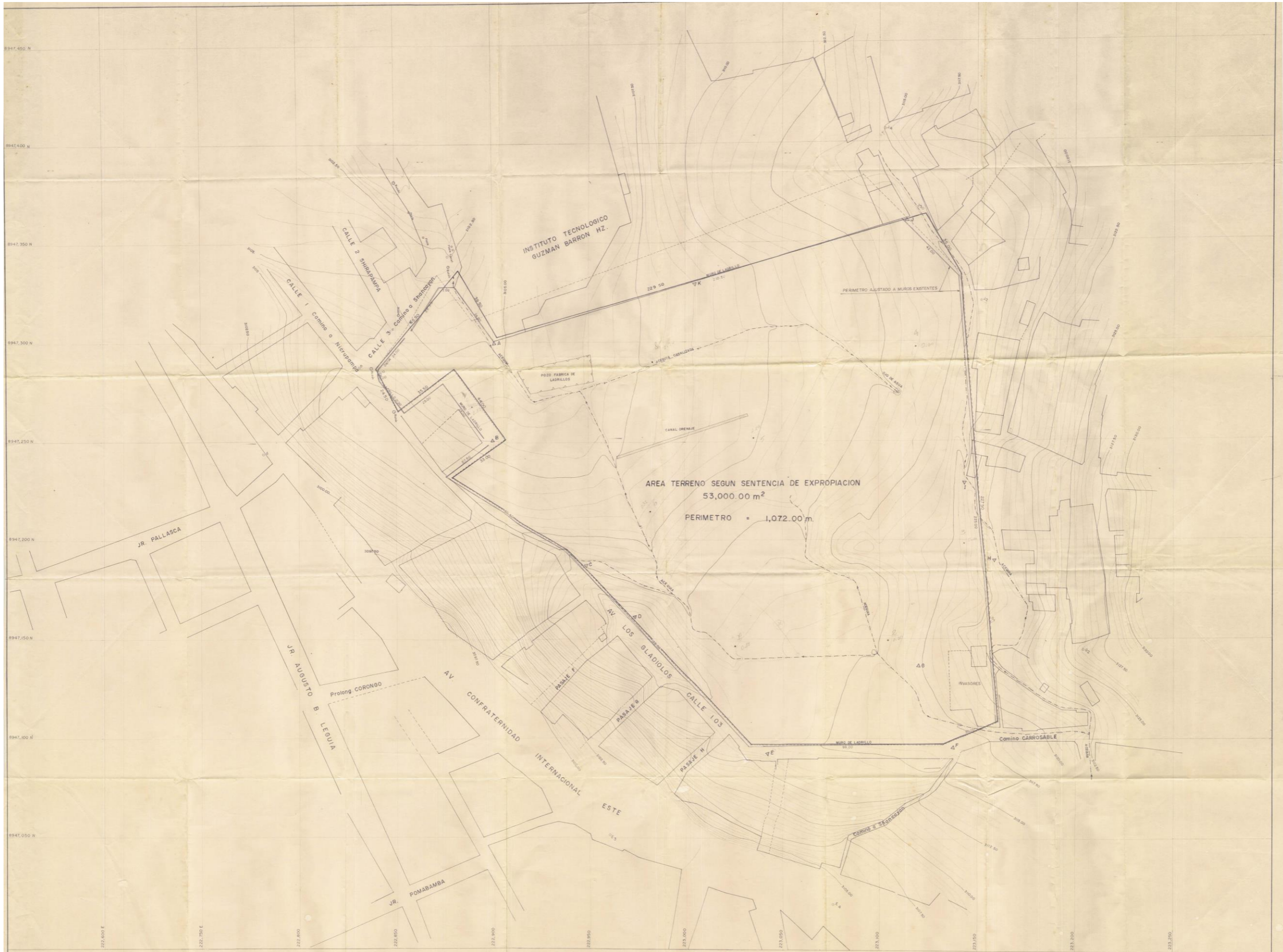
SOLICITADO : CISMID - JICA
PROYECTO : MICROZON. SISMICA DE HUARAZ
UBICACION : Plazuela Boles

SONDAJE : CPT-8
FECHA : 30/08/91
OPERADOR : A.B.C. - C.H.E.





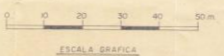
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO
 PROYECTO: MICROZONIFICACION SISMICA DE LA CIUDAD DE HUARAZ
 PLANO: **CURVAS ISOPERIODOS DE MICROTREPIDACIONES**
 FECHA: MARZO 1, 1992
 REVISADO: DR. JOSE ALVA N.
 ELABORADO: ZENON ABULAR S. y MELANOR CASTRO-CUBAS



AREA TERRENO SEGUN SENTENCIA DE EXPROPIACION
 53,000.00 m²
 PERIMETRO = 1,072.00 m

LEYENDA DE SIMBOLOGIA TOPOGRAFICA

- | | | | |
|---|-----------------------------|-----|--|
| △ | PUNTO DE POLIGONAL BASE | --- | LÍNEA PUNTEADA DEL PERÍMETRO SEGUN ESCRITURA DE FOJA 15 Y O.S - 26 - 82 - VI |
| ○ | PUNTO DE POLIGONAL DE APOYO | --- | LÍNEA LLENA DEL PERÍMETRO SEGUN SENTENCIA DE EXPROPIACION |
| — | CANAL DE DRENAJE | ~ | LÍNEA DE CURVAS MAYOR |
| ▭ | FABRICA DE LADRILLOS | ~ | LÍNEA DE CURVAS MENOR |
| — | ACEQUIA DE RESADIO | | |
| — | LINDERO DE CASAS | | |
| — | MURO DE LADRILLO | | |
| ☉ | OJO DE AGUA | | |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH
 "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 OFICINA DE PLANIFICACION
 COMITE EJECUTIVO DE DESARROLLO FISICO DE
 LA CIUDAD U.
CIUDAD UNIVERSITARIA
TOPOGRAFICO - Y PERIMETRICO

ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
...