



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

CONVENIO UNSA - INDECI
Proyecto PER 98/018 PNUD - INDECI



**EVALUACIÓN DE PELIGROS DE
LA CIUDAD DE ILO**

Arequipa, setiembre del 2001

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE
AREQUIPA**

**CONVENIO UNSA - INDECI
Proyecto PER 98/018 PNUD – INDECI**

AUTORIDADES

Dr. Rolando Cornejo Cuervo
RECTOR

Contralmirante (r). Juan Luis Podesta LLosa
JEFE, INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL-INDECI

**EVALUACION DE PELIGROS
DE LA CIUDAD DE ILO**

AUTORES

Ing. Roberto Kosaka Masuno	Ing. Edgard Gonzáles Zenteno
Ing. Hector Palza Arias Barahona	Ing. Armando Minaya Lizárraga
Ing. Eduardo Farfán Bazán	Ing. Javier Ticona Paucara

COLABORADORES

Ing. José Campano	Ing. Robert Salazar
Br. Luis Bustamante	Ing. Victor Aguilar P.

Arequipa, setiembre 2001

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
Capítulo I	
1. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 METODOLOGIA	2
1.3.1 Trabajo bibliográfico	2
1.3.2 Trabajo de campo	2
1.3.3 Gabinete	2
1.4 BASE CARTOGRÁFICA	3
Capítulo II	
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
2.1 ÁREA GEOGRÁFICA DE ESTUDIO	4
2.2 UBICACIÓN	4
2.3 CLIMATOLOGÍA	4
2.4 FORMACIONES ECOLÓGICAS Y ZONAS DE VIDA	4
2.5 INFORMACIÓN SOCIO – DEMOGRÁFICO	4
2.5.1 Características de la población	4
2.5.2 Características de las viviendas	4
2.6 ASPECTO SOCIO-ECONÓMICO	7
2.6.1 Infraestructura de transporte	7
2.6.1.1 Redes viales principales	7
2.6.1.2 Aeródromo	7
2.6.1.3 Puertos	7
2.6.2 Infraestructura agrícola	8
2.6.2.1 Proyecto Especial Pasto grande (PEPG)	8
2.7 INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA	8
2.8 ACTIVIDAD MINERA	8
Capítulo III	
3. GEOLOGIA	10
3.1 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES	10
3.1.1 Río Osmore	10
3.2 FISIOGRAFÍA	10
3.2.1 Faja Litoral	11
3.2.2 Cordillera de la Costa	12
3.2.3 Pampas Costaneras	12
3.2.4 Drenaje	12
3.3 ESTRATIGRAFÍA	13
3.3.1 Generalidades	13
3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	15

3.4.1 Falla Chololo	15
3.5 UNIDADES GEOTECNICAS DEL AREA DE ILO	15
3.5.1 Características Geotécnicas: pluviales sobre la terraza marina 1	15
3.5.2 Características geotécnicas: marinas sobre terraza marina 2	15
3.5.3 Características geotécnicas: fluviales	15
3.5.4 Características geotécnicas: complejo metamórfico (series de rocas anfíbolíticas)	15
3.5.5 Características geotécnicas: intrusivos del complejo basal de la costa	18
Capítulo IV	
4. GEODINAMICA INTERNA	19
4.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA	19
4.1.1 Sismicidad	19
4.1.1.1 Sismicidad Histórica	19
4.1.1.2 Tectonismo de la Región Andina	29
4.1.1.3 Análisis de la Sismicidad	31
4.1.1.4 Peligrosidad Sísmica	34
4.1.2 Tsunami	34
4.2 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA EXTERNA	34
4.2.1 Inundaciones	37
4.2.2 Erosión Fluvial	37
4.2.3 Arenamiento	37
Capítulo V	
5. ESTUDIO DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACION DE PELIGROS	38
5.1 PROSPECCION SISMICA	38
5.1.1 Urbanización Garibaldi	38
5.1.2 Pacocha (Ciudad Nueva)	38
5.1.3 Pampa Inalámbrica	40
5.1.4 Ceticos	41
5.2 ESTUDIOS DE RESISTIVIDAD GEOELECTRICA EN ILO	41
5.2.1 Interpretación Geoeléctrica de la Pampa Inalámbrica	42
5.2.2 Interpretación Geoeléctrica de la Urb. Garibaldi	43
5.2.3 Interpretación Geoeléctrica de la Urb. Pacocha (Ciudad Nueva)	43
5.2.4 Interpretación Geoeléctrica de Ceticos	44
5.3 ESTUDIO GEOTECNICO	45
5.3.1 Mecánica de Suelos	45
5.3.2 Dinámica de Suelos	45
5.3.3 Caracterización de Suelos	47
5.3.3.1 Suelos Tipo I	47
5.3.3.2 Suelos Tipo II	47
5.3.3.3 Suelos Tipo III	47
5.3.3.4 Suelos Tipo IV	48
Capítulo VI	
6. EVALUACION DE PELIGROS	52
6.1 SITUACIÓN DE PELIGRO FRENTE A UN EVENTO SÍSMICO	52
6.2 LA FALLA CHOLOLO	53
6.3 SITUACIÓN DE PELIGRO ANTE INUNDACIONES Y ACTIVACIÓN DE QUEBRADAS	53

6.4 SITUACIÓN DE PELIGRO ANTE EL TSUNAMI	53
6.5 SITUACIÓN DE PELIGRO ANTE DESLIZAMIENTOS	55
6.6 EVALUACION DE DAÑOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO	55
6.7 ANALISIS DEL PORCENTAJE DE VIVIENDAS DAÑADAS	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	68
ANEXOS	70
A. LISTA DE PERFILES SISMICOS	
B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS	
C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES (SEV)	
D. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
E. VALORES DE CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS	
F. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS	
• Garibaldi, Estadio Mariscal Nieto	
• Ciudad Nueva (Pacocha)	
• Pampa Inalámbrica (Urb. Victoria)	
• Pampa Inalámbrica (Ciudad del Pescador)	
• Pampa Inalámbrica (Urb. Fujimori)	
• Pampa Inalámbrica (Av. Luis E. Valcarcel)	
• Pampa Inalámbrica (Complejo Habitat)	
• Villa Paraíso	
• Ceticos	
G. LISTA DE PLANOS	
• Ubicación de Prospección Geofísica y Estudio Geotécnico	
• Plano de sectorización-Prospección Sísmica	
• Plano Geotécnico	
• Mapa de Peligros por la calidad de suelos y pendientes	
• Correlación de evidencias superficiales y de daños de la Falla Chololo	
• Daños por el sismo del 23 de junio del 2001	
• Mapa de peligros por Activación de Quebradas	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de ubicación de la Zona de Estudio	5
2. Mapa Geológico de la Ciudad de Ilo	14
3. Mapa de ubicación de la Falla Chololo	16
4. Mapa de zonificación de suelos de fundación de la ciudad de Ilo	17
5. Isosistas del Sismo del 15 de enero de 1958	24
6. Isosistas del Sismo del 13 de enero de 1960	26
7. Isosistas del Sismo del 16 de febrero de 1979	27
8. Isosistas del Terremoto del 23 de junio del 2001	28
9. Mapa epicentral, período 1964-1998	32
10. Mapa epicentral, Campañas Sísmicas:1965, 1969,1975-76 y 1985	33
11. Secciones Sísmicas	35
12. Plano de inundación en caso de Tsunami en Ilo	36

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Puertos de Ilo	7
2. Principal Central Térmica	8
3. Principales unidades de producción minera metálica y no metálica	9
4. Proyectos de inversión y prospectos en estudios	9
5. Concesiones de beneficio	9
6. Velocidades y espesores de la Urb. Garibaldi	38
7. Velocidades y espesores de Pacocha (Ciudad Nueva)	40
8. Velocidades y espesores de la Pampa Inalámbrica (Sector 1)	40
9. Velocidades y espesores de la Pampa Inalámbrica (Sector 2)	41
10. Velocidades y espesores de Ceticos	41
11. Valores de resistividad y espesores de la Pampa Inalámbrica	42
12. Valores de resistividad y espesores de la Urb. Garibaldi	43
13. Valores de resistividad y espesores de la Urb. Pacocha	44
14. Valores de resistividad y espesores del sector de Ceticos-Ilo	44
15. Cantidad de Viviendas Evaluadas	55

RESUMEN

El Convenio suscrito entre el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ha hecho posible la elaboración del Mapa de Peligros de la Ciudad de Ilo como parte del Proyecto general de ciudades sostenibles para el desarrollo. La finalidad fundamental es la identificación de los peligros como consecuencia de la geodinámica externa e interna que podrían tener un impacto sobre la ciudad como en las futuras zonas de expansión, etapa necesaria para la identificación de áreas vulnerables y evaluación de riesgos, información importante para el crecimiento ordenado y seguro de la ciudad. Todo ello sirve para el diseño de un Plan de Usos del Suelo y de un Plan de Mitigación ante la ocurrencia de desastres naturales.

Para tal efecto, en primer término se ha verificado los trabajos geológicos existentes como base para los estudios sucesivos que permitan identificar los peligros existentes en la ciudad. Para la determinación de la estratigrafía de Ilo se ha realizado prospección geofísica mediante los métodos de refracción sísmica y sondeos eléctricos verticales, cuya información nos indica heterogeneidad del substrato, con velocidades sísmicas bajas de la cubierta superficial indicio de un substrato poco consolidado. Mediante los resultados de la prospección geofísica se infiere la existencia de un substrato sedimentario potente en la Pampa Inalámbrica, es una terraza marina con apreciable contenido de sales, mientras que en el borde de la misma aparece la roca intrusiva, de allí que no se han registrado daños en dicho sector por el sismo del 23 de junio.

En la parte baja de la ciudad los daños han sido leves por las condiciones favorables del suelo consistente en rocas metamórficas, excepto en el sector de Miramar donde los daños registrados dependen fundamentalmente por problemas en el proceso constructivo. En el sector de Garibaldi se ha detectado la existencia de capas de baja velocidad en la parte superior, consistente en conchuelas y arenas poco consolidadas y en la parte inferior la roca metamórfica, de ello se explica los daños importantes registrados en dicho sector.

Si bien es cierto que el nivel de precipitación en Ilo es baja, es necesario considerar un alto grado de peligrosidad por la activación de las quebradas y en relación a inundaciones el río Osmore siempre debe considerarse como de alto riesgo sobre todo en su desembocadura.

A través de la historia de la ocurrencia de fenómenos naturales en Ilo, se tiene registrado los generación de los tsunamis, por consiguiente los estudios realizados para determinar su grado de peligrosidad resulta primordial por su configuración morfológica y por las actividades económicas que se desarrollan.

Los deslizamientos en este sector puede catalogarse como de peligrosidad moderada debido que en gran parte del farallón, los suelos son competentes sobre todo la correspondiente al afloramiento de la roca intrusiva.

Por los efectos del sismo del 23 de junio, por las evidencias superficiales y por los estudios geológicos se deduce la continuación de la Falla Chololo por debajo de los sedimentos de la Pampa Inalámbrica. Esta área corresponde a una zona de debilitamiento debido al fracturamiento de la roca de basamento.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El presente estudio tiene como meta contribuir a la identificación y conocimiento de los fenómenos que pueden afectar la seguridad física y poblacional de la ciudad de Ilo. Particularmente orientado a la geodinámica externa como las inundaciones y a la activación de quebradas y a la geodinámica interna como es el caso de los sismos, deslizamientos y tsunamis de allí la importancia que se ha tenido en la evaluación de los suelos y a la configuración topográfica.

Las ciudades del Sur del Perú a través de los tiempos ha soportado la ocurrencia de sismos destructores, con saldos dolorosos por las pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales, un ejemplo cercano es éste último sismo del 23 de junio cuya intensidad alcanzó el grado 8 en la Escala Modificada de Mercalli en algunas localidades.

En el Departamento han ocurrido una serie de desastres naturales, provocando una fuerte incidencia negativa en el desarrollo socio-económico. Por ello, resulta una necesidad impostergable la identificación de los peligros así como la propuesta de la vulnerabilidad y de riesgo que permitan plantear las políticas de prevención y mitigación.

Entre los principales fenómenos registrados en la región se encuentran la erupción del Huaynaputina en los años de 1600 los terremotos de 1868, 1877, 1958, 1960 y 2001 y otros fenómenos que destruyeron algunas ciudades del Sur del Perú, como deslizamientos y manifestaciones geológicas de gran magnitud. Por consiguiente, en la evaluación de la ciudad de Ilo los esfuerzos se centrarán en los estudios geológicos, geofísicos, inundaciones, deslizamientos, calidad de suelos y tsunamis, para determinar con precisión los peligros que la amenazan y ponen en riesgo su seguridad física.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del mapa de peligros son:

- a) Identificación de la estratigrafía de la ciudad de Ilo mediante los estudios geológicos, geofísicos y de suelos.
- b) Definir las características físicas y químicas de los suelos.
- c) El mapa de peligros determinará cuales son las amenazas que esta expuesta algunos sectores de la ciudad de Ilo.

- d) Identificar por intermedio del mapa de peligros las zonas de mayor vulnerabilidad y riesgo.
- e) Definir y cuantificar las principales medidas que deben ser adoptadas para mitigar los efectos en el caso de la ocurrencia de un fenómeno natural..
- f) Mejorar las características físicas de las viviendas y formulando nuevos sistemas constructivos, que brinde mayor seguridad y resistencia a los efectos de sismos u otros fenómenos.
- g) Crear conciencia y responsabilidad en la colectividad frente a los riesgos a los cuales nuestra región esta expuesta; Para que esta se organice y tome las medidas necesarias para cautelar su seguridad física e integridad de sus bienes.
- h) Facilitar las operaciones de evacuación y rescate.
- i) Definir estrategias que permitan acelerar las actividades de rehabilitación y reconstrucción

1.3 METODOLOGIA

El estudio se ha realizado teniendo en consideración las siguientes etapas:

1.3.1 Trabajo bibliográfico

- Evaluación de la información disponible
- Análisis de los fenómenos naturales de la zona de estudio
- Recopilación de información hidrológica
- Interpretación foto geológica
- Información sísmica
- Recopilación sobre información de suelos
- Recopilación de proyectos urbanísticos de la ciudad; Planos Urbanos, plano de redes primarias de Electrificación y sub. Estación; planos de tendido de redes Matrices de Agua y ubicación de Reservorios de Abastecimientos de Agua.

1.3.2 Trabajo de campo

- Evaluación de los estudios geológicos
- Reconocimiento general del terreno materia de estudio
- Estudio sísmico de refracción
- Sondeo eléctrico vertical
- Calicatas
- Evaluación de daños del sismo del 23 de junio
- Estudio hidrológico

1.3.3 Gabinete

- Ensayos de laboratorio
- Análisis y evaluación de los fenómenos
- Tratamiento de información sísmica
- Interpretación de los sondajes
- Interpretación de los resultados de análisis de suelos
- La sectorización de toda la zona urbana de Ilo, Pueblos Jóvenes y Centros Poblados y la futura expansión urbana y establecer su grado de peligrosidad.
- Preparación del informe
- Presentación del estudio

1.4 BASE CARTOGRAFICA

Para la realización del presente estudio se ha utilizado lo siguiente:

- Imágenes de satélite Landsat
- Cartas fotogramétricas a escala 1:100 000 y 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional
- Mapas de la Carta Geológica
- Mapas de diversos organismos

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 ÁREA GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El área de influencia del presente estudio comprende el ámbito urbano de la ciudad de Ilo y la Pampa Inalámbrica (Fig. 1, Foto 1).

2.2 UBICACIÓN

La ciudad de Ilo se localiza políticamente en la Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua con una población aproximada de 51 000 habitantes.

La accesibilidad es a través de la Panamericana Sur, la carretera costanera en ejecución y la vía marítima.

2.3 CLIMATOLOGÍA

El clima de Ilo es cálido y desértico, la temperatura es alta durante los meses de verano y relativamente baja en el invierno, las precipitaciones son leves y escasas, que se produce en forma de lloviznas durante los meses de invierno. Las neblinas que se originan en la época invernal son densas e invaden las pampas costaneras.

2.4 FORMACIONES ECOLÓGICAS Y ZONAS DE VIDA

El relieve es plano a ligeramente ondulado propio de la región costera, algunos sectores son accidentados y empinados, suelos ligeramente finos con cemento salino, cálcico o yeso, la vegetación es muy escasa y la actividad agrícola se desarrolla a lo largo del valle.

2.5 INFORMACIÓN SOCIO – DEMOGRÁFICO

2.5.1 Características de la población

Ilo es uno de los poblados más importantes del Departamento de Moquegua, tiene una población de 51 000 habitantes, con una densidad poblacional de 163,04 h/ Km², Pacocha con 20,18 h/ Km² y el Algarrobal con 0,25 h/Km²

2.5.2 Características de las viviendas

De acuerdo al Compendio Estadístico del Censo Nacional (INEI 1995), en la ciudad de Ilo un gran porcentaje de viviendas están construidas con material noble es decir techo de concreto armado, paredes de bloquetas de cemento, pero es necesario aclarar que existe serias deficiencias en el proceso constructivo en Miramar y en las edificaciones de la Pampa inalámbrica, derivado fundamentalmente entre otros aspectos por la



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

MAPA DE UBICACION
 DE LA ZONA DE ESTUDIO

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 1

calidad de los materiales utilizados que son totalmente artesanales con insumos inadecuados.

2.6 ASPECTO SOCIO-ECONOMICO

En este rubro se describe lo concerniente a infraestructura vial, aérea, marítima, que existe en el área de estudio, líneas de transmisión eléctrica y la actividad minera entre otros.

2.6.1 Infraestructura de transporte

En el área de estudio existen carreteras asfaltadas, afirmadas y trochas, como también algunas en construcción y otras en proyectos. Dentro de la infraestructura de transporte adicionalmente se cuenta con un aeródromo, terrapuestos y puerto, los cuales sirven para transporte masivo de pasajeros y de carga..

2.6.1.1 Redes viales principales

Entre las vías principales tenemos: Carretera Panamericana Sur (Asfaltada), la carretera binacional Ilo-Desaguadero (asfaltada), Puno-Desaguadero-Moquegua (asfaltada), la carretera costanera que actualmente une a la ciudad de Tacna. En Lima se inicia la Carretera Panamericana Sur que pasa por el área de estudio (departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna), continuando hasta Chile.

La carretera binacional, Ilo-Desaguadero, integra al Perú con Bolivia. Se encuentra ubicada en la región Sur del Perú, se inicia a partir del Puerto de Ilo, cerca al océano Pacífico hasta la localidad de Desaguadero, frontera con Bolivia. Su altitud varía desde 15 msnm.(Ilo), hasta los 3809 msnm. que corresponde a Desaguadero, con una longitud total de 397 Km. Hay que mencionar que esta carretera comunica la ciudad de Moquegua con varios poblados del interior del país.

De Puno a Desaguadero la carretera es asfaltada, une los poblados de Ilave, Yunguyo, Juli, Pomata y Zepita, se conecta con la carretera binacional (Ilo-Desaguadero).

2.6.1.2 Aeródromo

En Ilo se cuenta con un aeródromo de propiedad de la Empresa Southern para uso exclusivo de sus operaciones.

2.6.1.3 Puertos

En el litoral del área de estudio existen varios puertos (Cuadro 1), cuyas características son:

CUADRO N° 1
PUERTOS DE ILO

PUERTO	UBICACIÓN			CATEG	OBSERVACIONES
	DPTO.	PROV	DIST.		
Ilo	Moquegua	Ilo	Ilo	Mayor	Zona de influencia: Moquegua, Puno, Arequipa, Tacna, y la República de Bolivia. Exportación de minerales, estaño y cobre, Harina de pescado, maíz y lana. Importación de vehículos y carga en general
Pacocha	Moquegua	Ilo	Pacocha	Caleta	
Los Inglés	Moquegua	Ilo	Ilo	Caleta	

Fuente: Compendio estadístico del departamento de Moquegua (1995)

2.6.2 Infraestructura agrícola

El área de estudio se encuentra dentro del proyecto de irrigación Pasto Grande, el cual se describe a continuación

2.6.2.1 Proyecto Especial Pasto grande (PEPG)

Fue creado el 18 de noviembre de 1987, sus obras se desarrollan dentro del departamento de Moquegua, en las provincias de Mariscal Nieto e Ilo.

El principal objetivo es la reactivación agrícola con el mejoramiento de riego en las áreas de cultivo existentes, incorporando tierras eriazas mediante riego presurizado en Estuquiña, San Antonio, Jaguay, Rinconada, Hospicio y las lomas de Ilo, para abastecer una agroindustria de exportación. Así mismo abastecer de agua para el uso doméstico e industrial a las ciudades de Moquegua e Ilo y generar energía eléctrica interconectada al sistema sur.

Deriva las aguas de la cuenca del Atlántico a la presa de Pasto Grande la que se ubica en el cuadrángulo de Huaytire a una altitud de 4415 msnm, tiene una capacidad de almacenamiento de 185 millones de m³.

Cuenta con la construcción del túnel Jachacuesta, ubicado a una altitud de 4500 msnm., con longitud total de 7046 m, sección 11m², diámetro libre 2,80 m, y con capacidad de conducción de 17,5 m³/seg., de igual modo cuenta con la Bocatoma Otora.

La presa Humalso, se ubicará en las pampas del mismo nombre, distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, entre las costas de 4000 a 4300 msnm. Esta obra aún no se ha efectuado.

2.7 INFRAESTRUCTURA ENERGETICA

En el área de estudio se encuentra una central térmica, el cual se describe en el cuadro 2.

**CUADRO N° 2
PRINCIPAL CENTRAL TERMICA**

CENTRAL	UBICACIÓN			ALTITUD (msnm.)	P.I. (MW)	AREA DE INFLUENCIA
	DPTO.	PROV	DISTRITO			
ILO	Moquegua	Ilo	Pacocha	25	257,600	Complejo minero Toquepala y Cuajone, ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna

Fuente: Compendio estadístico del departamento de Moquegua (1995)

2.8 ACTIVIDAD MINERA

En los departamentos de Tacna, Moquegua y Arequipa, se desarrolla actividad minera principalmente dedicada a la explotación de cobre. Hay que mencionar que desde el siglo XVIII, se tenía conocimiento de los depósitos de este metal, y es, recién a mediados del siglo XX cuando se han empezado a desarrollar los grandes yacimientos como Toquepala, y Cuajone.

Southern Perú tiene la mayor producción de cobre a nivel nacional con sus unidades productoras de Toquepala y Cuajone, conjuntamente con Phelps Dodge en Cerro Verde. La extracción del mineral es a tajo abierto.

El beneficio metalúrgico se efectúa en plantas, empleando concentración de minerales por flotación, lixiviación, fundición-refinación y otros (Cuadro N° 3, 4 y 5)

**CUADRO N° 3
PRINCIPALES UNIDADES DE PRODUCCION MINERA METALICA Y NO METALICA**

EMPRESA	UNIDAD	SUSTANCIA	UBICACIÓN		
			DPTO.	PROV.	DISTRITO
Southern Peru Limited	Cuajone	Cobre	Moquegua	Mrcal. Nieto	Torata
Antonio de Col EIMRL	Huaracane	Sílice	Moquegua	Mrcal. Nieto	Moquegua
Antonio de Col EIMRL	Dieguito	Sílice	Moquegua	Ilo	Pacocha

Fuente: Dirección General de Minería

**CUADRO N° 4
PROYECTOS DE INVERSION Y PROSPECTOS EN ESTUDIO**

PROYECTO	SITUACION	SUSTANCIA A EXPLOTAR	UBICACIÓN		
			DPTO.	PROV.	DISTRITO
Proyecto Sur	Exploración	Cobre	Moquegua	G. Sánchez Cerro	Puquina
Mullacollo	Exploración	Oro	Moquegua	G. Sánchez Cerro	La Capilla
Los Calatos	Exploración	Oro Cobre	Moquegua	Mrcal. Nieto	Moquegua
Quellaveco	Estudio de factibilidad	Cobre	Moquegua	Mrcal. Nieto	Torata
Cuajone	Expansión	Cobre	Moquegua	Mrcal. Nieto	Torata
Antacori	Exploración	Cobre, Oro	Moquegua	Mrcal. Nieto	Moquegua
Refinería de Cobre-Ilo	Expansión	Cobre	Moquegua	Ilo	Pacocha
Planta Acido Sulfúrico	Expansión	Acido sulfúrico	Moquegua	Ilo	Ilo
Nueva fundición de cobre	Estudio de factibilidad	Cobre	Moquegua	Ilo	Ilo

Fuente: Dirección General de Minería

**CUADRO N° 5
CONCESIONES DE BENEFICIO**

CONCESION DE BENEFICIO	EMPRESA MINERA	TM/DIA	PROCESO	PROD	UBICACIÓN		
					DPTO.	PROV.	DISTRITO
SX Cuajone	Southern Peru	2100	Lixiviación	Cu, Mo	Moquegua	Mrcal.Nieto	Moquegua
CONC.de Botiflaca	Southern Peru	87000	Flotación	Cu. Mo	Moquegua	Mrcal.Nieto	Torata
La Fundición	Southern Peru	904	Fundición	Cu	Moquegua	Ilo	Pacocha
Refinería de Cobre de Ilo	Southern Peru	658	Refinación	Cu, Au, Ag	Moquegua	Ilo	Pacocha
P.Lav.y Conc.De Concha	Southern Peru	2068	Lavado y Concentrado	CaO	Moquegua	Ilo	Ilo

Fuente: Dirección General de Minería

CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1 RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES

El Ministerio de Agricultura y la Cooperación Técnica del Gobierno Español, elaboraron el año de 1990, el Estudio de Recursos Hídricos en el Perú. Se señalan que la distribución de las precipitaciones pluviales tiene un papel importante en la disponibilidad estacional de los recursos hídricos, se presentan períodos de déficit en la vertiente pacífica, en la costa durante todo el año y parcialmente en la Sierra.

3.1.1 Río Osmore

El río tiene sus orígenes en los nevados de Chuquiananta y Arundane. Sus cursos son alimentados fundamentalmente por las precipitaciones que caen en el flanco occidental de la cordillera de los andes y, en menor proporción proveniente del deshielo de los nevados. En las nacientes toma el nombre de río Asana, y durante su recorrido adopta el nombre de Coscori y Tumulaca y a la altura de la ciudad de Moquegua, toma el nombre de río Moquegua, posteriormente toma el nombre de Osmore en la localidad de Ilo hasta su desembocadura. Los principales afluentes del río Moquegua son Torata, Huaracane y la quebrada de Guaneros en la margen derecha y el río Capillune en la margen izquierda.

La cuenca del río Moquegua tiene una área de 3480 Km², con una longitud de 139 Kms., la pendiente promedio es de 3.6%. El río Moquegua es de régimen irregular y de carácter torrencioso, con extremadas diferencias entre sus descargas. La descarga media anual de los ríos Tumulaca y Torata es de aproximadamente 1.56 m³/seg., y 1,32 m³/seg. respectivamente. Las máximas descargas se concentran básicamente entre enero y marzo, disminuyendo notoriamente entre los meses de julio a setiembre.

La salinidad que impera en las aguas son el Sulfato de Calcio y el Cloruro de Sodio. El nivel de Boro en sus aguas se encuentra dentro de los límites permisibles. El pH fluctúa entre los 6.5 y 8.3, los valores más bajos corresponden a la parte alta y estos aumentan hacia el litoral, con el Proyecto Pasto Grande, tanto Moquegua como Ilo han resultado muy beneficiados por la disponibilidad de las aguas provenientes de la Presa.

3.2 FISIOGRAFIA

En el área circundante a Ilo se distinguen fácilmente tres unidades geomorfológicas con características propias de topografía, estructura geológica y litología. Estas tres unidades son de Oeste a Este:

- a) Faja Litoral
- b) Cordillera de la Costa
- c) Pampas Costaneras

El territorio que comprende estas unidades se encuentra disectado por numerosas quebradas y valles transversales, algunos de los cuales, como los de Ilo y Locumba, son bastantes profundos y con flancos escarpados que tienen centenares de metros de altura.

3.2.1 Faja Litoral

Esta unidad geomorfológica comprende el terreno bajo que se extiende entre la ribera del mar y el pie de la Cordillera de la Costa, alcanzando una altura hasta de 400 metros, con ancho variable entre 3 y 7 kilómetros. La morfología de esta faja está caracterizada por la presencia de varias planicies de abrasión cubiertas de terrazas, que se presentan escalonadas desde la orilla del mar hasta los 350 metros de altitud sobre el flanco de la Cordillera de la Costa. Algunos caracteres observados en estas terrazas como el declive de sus superficies hacia el mar, el paralelismo de sus frentes a las líneas de playa actual y la existencia de restos de fósiles marinos, indican que se trata de terrazas marinas levantadas por procesos epirogénicos que afectaron este sector de la Costa, desde el Terciario hasta los tiempos recientes. La faja litoral ha sido dividida para su estudio en dos tramos:

Un tramo septentrional con dirección general Norte – Sur, comprendida entre el extremo Noroeste del Cuadrángulo de Ilo y la Punta de Coles, a lo largo de cual se distinguen dos notables terrazas a 120 y 350 metros sobre el nivel del mar.

La terraza más elevada queda al pie del Cerro Canicora, ubicado a unos 7 km. Al Este del Puerto de Ilo. Propiamente es una planicie de abrasión relativamente pequeña, labrada en roca intrusiva y cubierto por una delgada capa de arena y gravas; su respaldo está constituido por el flanco empinado del macizo costanero y su frente por una escarpa de 50 metros que constituye el respaldo de la terraza inferior.

La segunda terraza comienza al pie de la anterior y se extiende como una amplia planicie suavemente inclinada hacia la costa, terminando abruptamente en un acantilado antiguo de contorno irregular que queda entre 1 y 2 Km. de la playa. El material que forma esta terraza consiste en la parte superior de conglomerados sueltos o pobremente cementados con sal y costras de yeso, y de capas débilmente consolidadas de areniscas grises o pardas con intercalaciones de gravas y arcillas, en la parte inferior.

El grosor variable entre 20 y 50 metros de estos depósitos se encuentra yaciendo en discordancia sobre rocas intrusivas, y superiormente están cubiertas por depósitos recientes y arenas y detritus aluviales.

Los terrenos adyacentes a la ribera consisten de rocas intrusivas y gneis que afloran en forma de bancos y acantilados bajos limados por acción de las olas; no hay formación de playas, en cambio se nota algunos trechos donde los abanicos aluviales llegan hasta la misma orilla del mar.

El perfil del litoral en este sector es irregular presentando algunas entrantes y salientes que a veces se prolongan mar afuera en forma de pequeños peñascos; los rasgos más saltantes de esta ribera son una ensenada abierta formada en la desembocadura del río Ilo y una saliente que avanza varios kilómetros en el Océano constituyendo la llamada Punta de Coles.

El tramo meridional de la Faja Litoral se extiende con dirección Noroeste Sureste, desde Punta de Coles hasta el Morro Sama, presenta interrupciones en diferentes sitios originadas por las estribaciones de roca ígnea que llegan hasta la orilla del mar terminando en acantilados bajos. Al Sur de Punta de Coles se nota una terraza marina de 20 Kilómetros de longitud conocida como la Pampa de Palo, que está formada por conglomerados, arena conchilíferas y bancos de coquina. Esta terraza constituye un tablazo horizontal que se extiende con anchos variables de 1 a 2 Kilómetros, comienza en la orilla del mar con una escarpa de 25 metros de altura y termina al pie de las lomadas de Pampa Mostaza y Meca Chica.

3.2.2 Cordillera de la Costa

Aunque regionalmente esta cordillera está formada por gneis y esquistos antiguos y por depósitos del Paleozoico superior, en el área de Ilo y Locumba está constituida principalmente de rocas plutónicas de edad Cretácea a Terciaria y por rocas volcánicas y sedimentarias del Triásico y Jurásico. El gneis aflora a la orilla del mar en una extensión relativamente pequeña del Cuadrángulo de Ilo.

Esta unidad geomorfológica se presenta formando una faja de territorio elevado, orientada de Noroeste a Sureste, con anchos variables de 10 a 25 Kilómetros y está cortada transversalmente en varios lugares por valles encañonados de algunos centenares de metros de profundidad. El flanco que mira hacia el Pacífico consiste de laderas empinadas que se levantan hasta cerca de 1,200 metros sobre el nivel del mar y el flanco oriental presenta laderas más moderadas que se pierden debajo de los clásticos que forman las pampas costaneras.

3.2.3 Pampas Costaneras

A lo largo de la Costa Sur del Perú y ocupando una extensa depresión entre la Cordillera de la Costa y el frente occidental de los Andes, se presenta un territorio llano a suavemente ondulado que ha resultado de la acumulación de sedimentos clásticos del Terciario superior y Cuaternario. Este territorio se halla disectado por numerosos valles transversales que separan amplias superficies planas conocidas regionalmente con el nombre de pampas.

En el área del presente informe esta unidad geomorfológica, que inicialmente presentaba superficie suavemente inclinada de Noreste a Suroeste, se halla fuertemente modificada por la erosión fluvial subsecuente que ha labrado valles y quebradas poco profundos, de fondo plano en las partes bajas y cañones en las partes próximas al flanco andino; en las secciones intermedias la topografía es ondulada y consiste de terrazas que en conjunto forman las llamadas pampas. Entre éstas se mencionan la Pampa de las Pulgas entre la Quebrada Honda y Quebrada Seca, Pampa Sitana entre la Quebrada Seca y el río Locumba y la Pampa Eslagonal entre los ríos Locumba y Sama. En general la superficie de estas pampas se inclina de Noroeste a Sureste, variando su altitud entre los 100 y 300 metros sobre el nivel del mar.

3.2.4 Drenaje

El drenaje del área se efectúa por medio del río Ilo, actualmente es el único con curso de agua permanente la Cuenca colectora de este río se encuentra en las partes altas de la Cordillera Occidental de los Andes. Su principal fuente de alimentación son las pequeñas lagunas, pantanos, las lluvias periódicas y la Presa de Pasto Grande. En sus tramos inferiores atraviesan una región árida y seca. Es un río de régimen irregular con

descargas máximas en los meses que corresponden a la estación lluviosa de la región andina y disminuyen gradualmente su caudal hasta convertirse en pequeñas venas de agua durante la estación seca.

El sistema de drenaje de las áreas intermedias consiste de un sin número de quebradas secas y sinuosas que en conjunto muestran un patrón dendrítico. La ladera de la Cordillera de la Costa que da hacia el mar, está drenada por numerosas quebradas más o menos paralela cuyas cabeceras se encuentran en las partes altas de dicho macizo.

3.3 ESTRATIGRAFIA

3.3.1 Generalidades

En la región del área estudiada afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que abarcan en edad desde el Precambriano hasta el Cuaternario reciente (Fig. 2)

La formación más antigua es la denominada Complejo Basal de la Costa que aflora en el Cuadrángulo de Ilo en un área relativamente pequeña a la orilla del mar. Consiste de rocas metamórficas asociadas con intrusiones de granito rojo. Esta formación se considera de edad precambriana y constituye el basamento cristalino.

Las rocas del grupo Yamayo constituyen la unidad más baja del Mesozoico, está compuesta por 600 metros de arenisca, limolitas, lutitas y derrames volcánicos cuya edad se supone entre el Triásico superior y el Jurásico inferior.

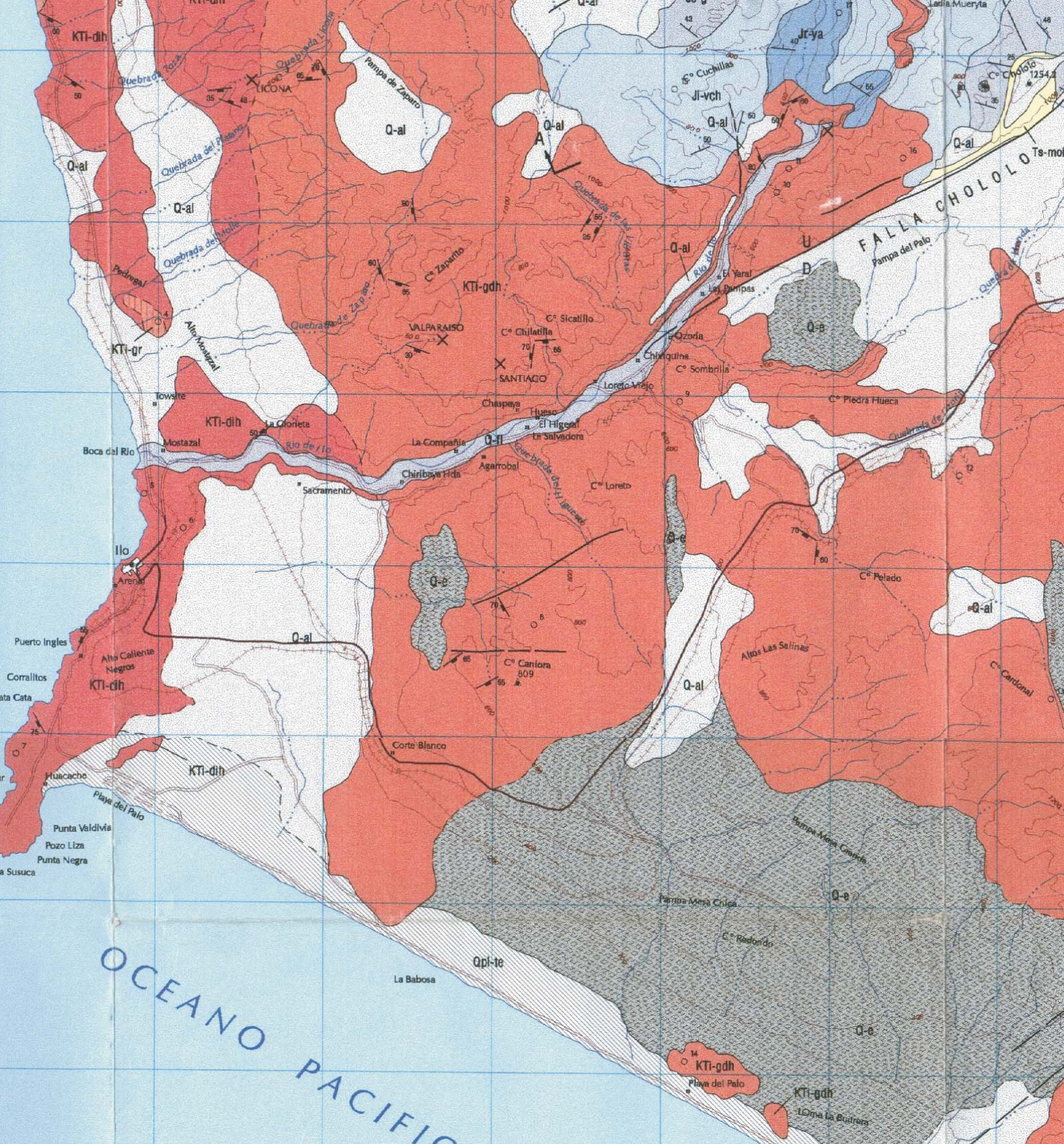
Suprayaciendo discordantemente al grupo Yamayo se encuentra una formación volcánica de 1,000 a 2,500 metros de grosor, compuesta de derrames, aglomerados y brechas, principalmente andesíticos, que han sido correlacionados con el Volcánico Chocolate del área de Arequipa, de edad jurásico inferior.

Sobre los Volcánicos Chocolate yace discordantemente la formación Guaneros de edad calloviana, constituida por rocas volcánicas intercaladas con rocas sedimentarias de origen marino con un grosor superior a 3,000 metros.

Las rocas de edad terciaria están representadas por depósitos sedimentarios que constituyen la formación Moquegua y por tufos riolíticos denominados Volcánicos Huaylillas.

Los depósitos cuaternarios tienen una amplia distribución y están constituidos por terrazas marinas, conos aluviales y detritus de talud cerca del litoral, y por acumulaciones eólicas y terrazas aluviales en las planicies interiores. En el fondo de los valles principales existen depósitos de grava fluvial y suelos cultivados.

Rocas intrusivas, principalmente granodioritas y dioritas, integrantes del batolito costanero, afloran casi ininterrumpidamente frente al litoral y su edad va probablemente desde el Cretáceo superior al Terciario inferior.



LEYENDA

SERIE	FORM. O GRUPO	SEDIM. Y VOLCA.	INTRUS. Y METAM.
Reciente	Depósitos fluviales y eólicos	Q-fl	
	Depósitos aluviales	Q-al	
Pleistoceno	DISCORD.		
	Terrazas marinas	Qpl-te	
Superior	DISCORD.		
	Superior	Ts-mos	
	DISCORD.		
Inferior	Inferior	Ts-mol	
	DISC. ANGULAR		
		KTI-gr	
		KTI-gdh	
		KTI-gd/d	
		KTI-dih	



3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.4.1 Falla Chololo

Esta falla se encuentra en la parte Norte del cuadrángulo de Ilo, se le reconoce por una escarpa de rumbo S50 - 60W que se extiende por cerca de 15 kilómetros (Fig 3- Imagen de satélite). La escarpa tiene más de 100 m. de altura, comienza en la Pampa de Hospicio, pasa por el lado Sureste del Cerro Chololo y se prolonga hasta desaparecer en el cañón del río Ilo, en un punto en el cual el curso de este río se desvía de NE SW a E.W. Esta falla corta en la mayor parte de su recorrido a rocas intrusivas, sin embargo a la altura del cerro Chololo trunca a la formación Guaneros. La escarpa de falla se inclina hacia el Sureste, el bloque levantado es el del lado NW, el lado opuesto se presenta como una depresión cubierta actualmente por depósitos aluviales y eólicos.

3.5 UNIDADES GEOTECNICAS DEL AREA DE ILO

3.5.1 Características Geotécnicas: pluviales sobre la terraza marina 1

Conglomerados medianamente compactos a muy compactos, cementados con sal y yeso, difícilmente excavables: niveles de arena y gravas angulosas, con matriz de arena gravilla y costras de “caliche” medianamente excavables. Taludes estables, terrenos planos con ligera pendiente hacia el oeste, que sobreyacen a depósitos de la terraza marina 1. Estos depósitos se presentan en toda la Pampa Inalámbrica, en el sector de Garibaldi y en la parte norte de Pacocha (Fig. 4).

Capacidad de carga $q - 2-3 \text{ Kg/cm}^2$ aprox.

3.5.2 Características geotécnicas: marinas sobre terraza marina 2

Gravas y gravillas (60%), con clastos redondeados de planares, en matriz de arena gruesa con fragmentos de conchuelas, compactas en presencia de yeso y sales, con lentes estratificados de arenas gruesas y finas, Medianamente a fácilmente excavables. Superficies planas de pendiente suave. Los depósitos se encuentran ampliamente distribuidos en el sector del aeropuerto y Ceticos y hacia el Sur.

Capacidad de carga: $q - 1-3 \text{ Kg/cm}^2$

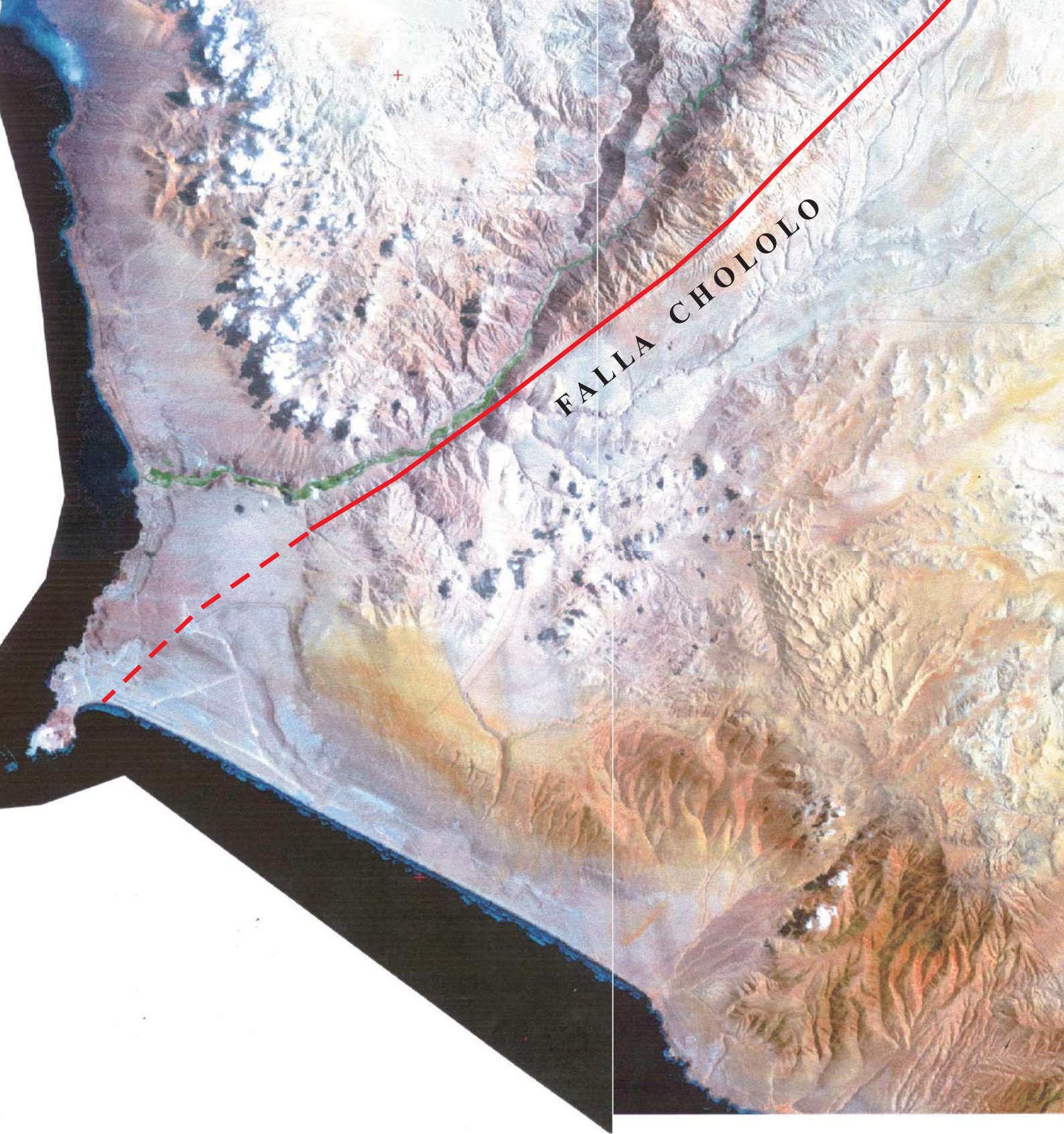
3.5.3 Características geotécnicas: fluviales

Gravas subredondeadas a planares en matriz de arena y gravilla, masiva, consistencia suelta, fácilmente excavable, taludes poco estables. Se presentan a lo largo del río Osmore.

Capacidad de carga: $q - 1-2 \text{ Kg/cm}^2$ de acuerdo al contenido de matriz aumenta el grado de cohesión.

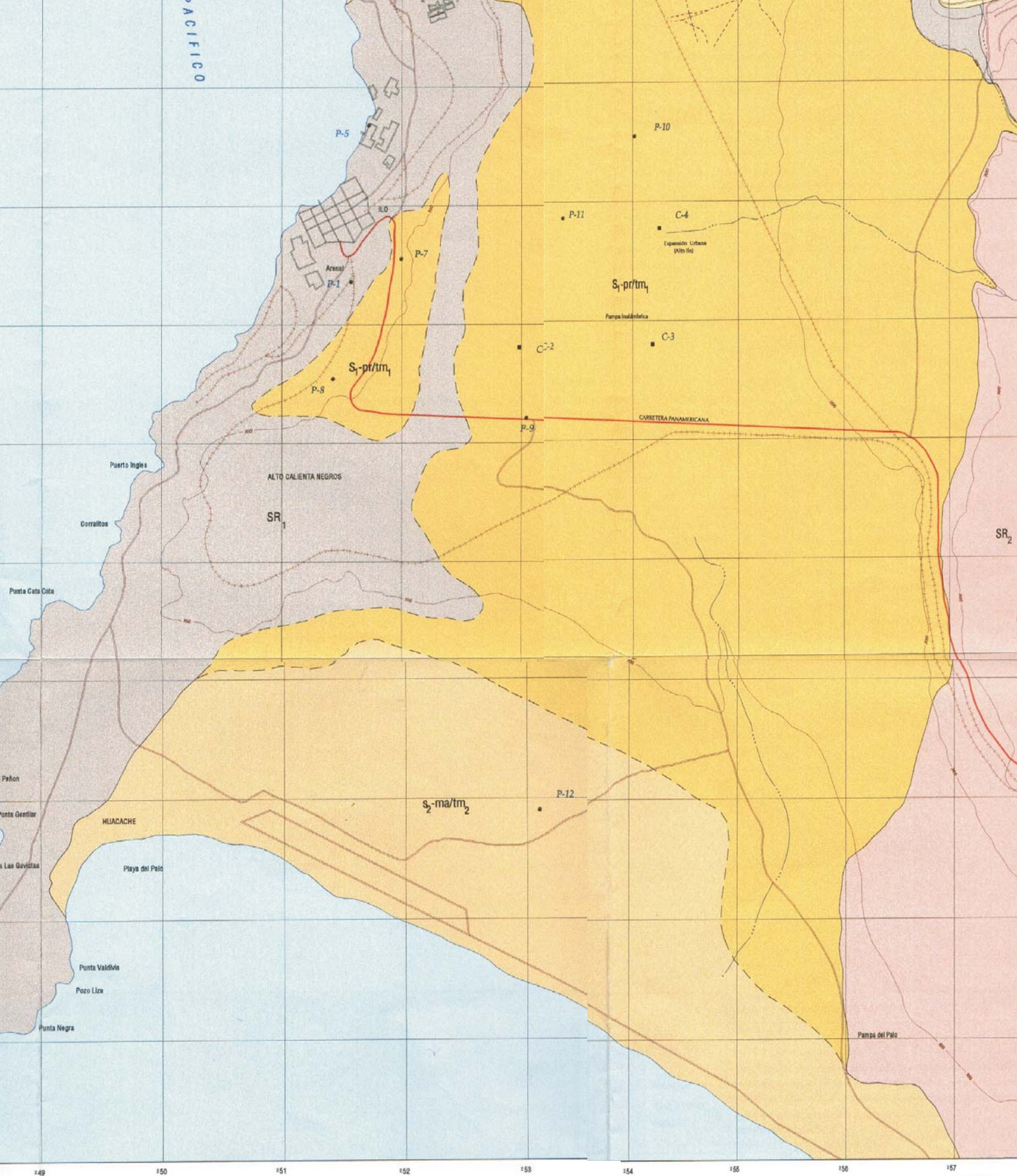
3.5.4 Características geotécnicas: complejo metamórfico (series de rocas anfibolíticas)

Remanentes aislados y superficies de abrasión compuestas por anfibolitas, gris oscuro verde olivo, algo alteradas (A2), resistentes (R4), medianamente fracturadas (F3) superficies abruptas de acantilados, pendientes moderadas a suaves. Taludes verticales estables, difícilmente excavables. Se presentan a lo largo de la costa y en las zonas adyacentes al río. Capacidad de carga: $q - > 4 \text{ Kg/cm}^2$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA - INDECI

Ubicacion de la



LEYENDA

UNIDADES GEOTECNICAS DEL AREA DE ILO

DEPOSITOS INCONSOLIDADOS		CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
S ₁ -pr/tm ₁	Proluviales sobre la terraza marina 1.	Conglomerados medianamente compactos a muy compactos, cementados con sal y yeso, difícilmente excavables: niveles de arenas y gravas angulosas, con matriz de arena gravilla y costras de "caliche" medianamente excavables. Taludes estables, terrenos planos con ligera pendiente hacia el oeste, que sobreyacen a depósitos de la terraza marina 1. Capacidad de carga q = 2-3 Kg/cm ² aprox.
S ₂ -ma/tm ₂	Marinos sobre terraza marina 2.	Gravas y gravillas (60%), con clastos redondeados a planares, en matriz de arena gruesa con fragmentos de conchuelas, compactas en presencia de yeso y sales, con lentes estratificados de arenas gruesas y finas, Medianamente a fácilmente excavables. Superficies planas de pendiente suave. Capacidad de carga: q = 1-3 Kg/cm ²

3.5.5 Características geotécnicas: intrusivos del complejo basal de la costa

Granodioritas poco alteradas (A1), medianamente fracturadas (F3), muy resistentes (R5). Zonas de pendientes pronunciada y relieves ondulados. Taludes de corte estables, difícilmente excavables. Estas rocas conforman los cerros que circundan a Ilo. Capacidad de carga: $q > 4 \text{ Kg/cm}^2$

CAPITULO IV

GEODINAMICA INTERNA

4.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA

4.1.1 Sismicidad

La distribución de sismos en tiempo y espacio es materia elemental en sismología, observaciones sísmicas han acumulado una extensa información de la actividad sísmica.

La definición de la palabra "sismicidad" no es muy precisa, pero podemos describirla como la actividad sísmica en un área particular durante un cierto período de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no sólo el número de eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia y distribución espacial, así como su modo de ocurrencia.

4.1.1.1 Sismicidad Histórica

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968) y Tesis.

Entre los años de 1471 - 1490.- Gran terremoto que destruyó el primitivo asiento de la ciudad de Arequipa, fue la época del Inca Túpac Yupanqui, en la cual perecieron todos sus habitantes y hubo la erupción del volcán Misti, alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

Entre los años de 1513 - 1515.- Grandes sismos acompañados de formidables deslizamientos de tierra de algunos cerros altos, en la costa el mar sobrepasó muchas veces la línea de playa. En Arequipa alcanzó intensidades de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

22 de Enero 1582.- A las 11:30 terremoto que destruyó la Ciudad de Arequipa. El movimiento se percibió en Lima. Perecieron más de 30 personas sepultadas entre los escombros, tuvo una magnitud de 8.1.(750 Km. al NE de Arequipa), el movimiento sísmico alcanzó una intensidad de X en la Escala Modificada de Mercalli, en Socabaya; en Arequipa se sintió con una intensidad de IX.

En el año de 1590.- Fuerte sismo sentido en casi toda la Costa del Sur del Perú, destruyó el pueblo de Camaná debido a la salida del mar y el represamiento del río.

19 de Febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa,

según el relato del Padre Bartolomé, Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

24 de Noviembre de 1604.- A las 13:30, la conmoción sísmica arruinó las ciudades de Arequipa y Arica. Un tsunami destruyó la ciudad de Arica y el puerto de Pisco, como consecuencia del Tsunami murieron 23 personas en Arica. Tuvo una magnitud de 7.8, y alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica.

31 de Marzo de 1650.- A las 14:00, se produjo un terremoto en el Cuzco que dejó a la ciudad en ruinas. Fue sentido en Lima y tuvo una magnitud de 7.6.

20 de Octubre de 1687.- Gran movimiento sísmico ocurrido en la ciudad de Arequipa aproximadamente a las 06:30. causando serios daños en los templos y viviendas, los efectos secundarios de éste sismo trajeron como consecuencia el agrietamiento de muchos kilómetros de extensión, entre Ica y Cañete, el mar inundó parte del litoral comprendido entre Chancay y Arequipa.

Otros daños ocasionó en los valles de Siguan y Majes, alcanzando en Aplao y Siguan una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

22 de Agosto de 1715.- A las 19:00 horas, en la ciudad de Arequipa ocurrió un gran terremoto que sepultó a pequeños pueblos, por los derrumbes de las partes altas de los cerros, alcanzando una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli, el movimiento se sintió en Arica.

08 de Enero de 1725.- A las 08:00 horas, fuerte temblor remeció la ciudad de Arequipa destruyendo la mayor parte de sus viviendas, éste movimiento sísmico tuvo una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli, como consecuencia del sismo se levantó una gran polvareda que cubrió la ciudad.

27 de Marzo de 1725.- Gran sismo que se sintió en toda la costa sur del Perú, llegándose a sentir hasta el Callao, el pueblo de Camaná fue el que sufrió grandes daños, el mar salió sobrepasándose la línea de playa.

13 de Mayo de 1784.- A las 07:35. Terremoto que arruinó la ciudad de Arequipa, ocasionando graves daños en sus templos, murieron 54 personas, 500 heridos, tuvo una magnitud de 8.4, en Arequipa alcanzó una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.

10 de Julio de 1821.- A las 05:00. Terremoto que causó graves daños en los pueblos de Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y valle de Majes. Se sintió en Lima. Murieron 70 personas en Camaná y Ocoña, 60 en Chuquibamba y 32 en Caravelí, tuvo una magnitud de 7.9, y una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.

08 de Octubre de 1831.- A las 21:15, fuerte sismo en Tacna, Arica y en el interior del departamento. de Arequipa, ocasionó algunas víctimas y alrededor de 32 heridos.

18 de Setiembre de 1833.- A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue, sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.

13 de Agosto de 1868.- A las 16:45. Este terremoto alcanzó una intensidad de grado XI y fue acompañado de tsunami. Según el historiador Toribio Polo (1904), este terremoto es uno de los mayores que se han verificado en el Perú desde su conquista. El epicentro posiblemente estuvo en el Puerto de Arica, se sintió hasta unos 1400 Kms. al norte y a la misma distancia hacia el sur. Este movimiento sísmico destruyó la ciudad de Arequipa, llegando a producir fracturas en los cerros de la caldera, inmediatos a los baños de Yura. Este movimiento sísmico ocasionó fuerte destrucción en Arica, Tacna, Moquegua, Ilo, Torata, Iquique y Arequipa. A las 17:37 empezó un impetuoso desbordamiento del mar. La primera ola sísmica alcanzó una altura de 12 metros y arrasó el puerto de Arica. A las 18:30, el mar irrumpió nuevamente con olas de 16 metros de altura, finalmente a las 19:10, se produjo la tercera ola sísmica que varó la corbeta América de 1560 toneladas y el Wateree de los Estados Unidos, que fueron arrojados a unos 300 metros de la playa tierra adentro. Las salidas del mar, arrasaron gran parte del litoral peruano y chileno, muriendo en Chala 30 personas y en Arica unas 300 personas. La agitación del océano llegó hasta California, Hawai, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelandia.

En Moquegua murieron 150 personas, en Arequipa 10 y en Tacna 3, se contaron como 300 movimientos sísmicos o réplicas hasta el 25 de agosto, tuvo una magnitud de 8.6.

03 de Noviembre de 1869.- A las 19:30 horas se produjo un fuerte temblor local en arequipa que causó deterioros en los edificios, alcanzando una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

09 de Mayo de 1877.- A las 20:28. Un violento sismo que sacudió y averió las poblaciones de Ilo, Arica, Mollendo y otras. Se produjo un tsunami que inundó el puerto de Ilo y destruyó parte del ferrocarril. En la ciudad de Arica el mar avanzó m s de 600 metros. Esa misma noche se produjeron como 100 r,pllicas. La ola sísmica originada por esa conmoción se extendió casi por todo el Pacífico, llegando hasta las costas de Nueva Zelandia y Yokohoma, en Japón.

04 de Mayo de 1906.- A las 19:36. Fuerte temblor en Mollendo, en la ciudad de Tacna ocasionó derrumbes de casas y paredes cuarteadas. Se sintió fuertemente en la ciudad de Arica y aún en Iquique.

28 de Julio de 1913.- A las 01:40. Este movimiento sísmico afectó gran parte de la costa sur situada entre Chala y Mollendo, causando roturas de tres cables submarinos frente a la costa, lo que se atribuyó a un deslizamiento del talud submarino. La posición geográfica del epicentro fue de -17° Lat. S. y -74° long. W, y alcanzó una magnitud de 7.0.

06 de Agosto de 1913.- A las 17:13. Terremoto que destruyó la ciudad de Caravelí, este movimiento produjo desplome de todos los edificios de dicha ciudad y derrumbes de las laderas del valle. Hubo 4 heridos, además afectó otras poblaciones situadas más al Sur como la de Chuquibamba. En Atico se destruyeron muchas edificaciones,

resultando un muerto y varios heridos. En el pueblo de Ocoña el sismo causó daños apreciables en las edificaciones. En la ciudad de Arequipa ocasionó daños en algunos edificios. El epicentro se le ubicó en el Océano Pacífico frente al litoral, siendo su posición geográfica de -17° Lat. y -74° long. W., y su magnitud de 7.7, en Caravelí y Chuquibamba alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en Ocoña y Caylloma se sintió con una intensidad de VI.

11 de octubre de 1922.- A las 09:50. Fuerte sismo que causó daños considerables en Arequipa, Caravelí y Mollendo. Fue sentido fuertemente en Chala, Acarí, Puquio, Palpa, Ica y Cañete. La posición geográfica fue de -16° Lat. S. y -72.5° long. W., se estima su profundidad focal en 50 kilómetros y su magnitud 7.4, en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI de la Escala Modificada de Mercalli

11 de Octubre de 1939.- A las 09:59. Se registró un fuerte sismo en el Observatorio Sismológico de Lima. Causó graves daños en el pueblo de Chuquibamba y Caravelí, además provocó daños en las ciudades de Arequipa y Moquegua. Se sintió con gran intensidad en las localidades de Puquio, Quicacha, Palpa, Chala y Mollendo, alcanzando intensidades de VII en Chuquibamba, en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

24 de Agosto de 1942.- A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue, situado entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados. Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S. y -76° Long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

11 de Mayo de 1948.- A las 03:56. Fuerte movimiento sísmico en la región sur afectó parte de los Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna. Los efectos destructores fueron máximos dentro de un área aproximada de $3,500 \text{ Km}^2$, dejando el saldo de 1 muerto y 66 heridos. En el área central alcanzó el grado VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del epicentro fu, de -17.4° Lat. S. y -71° Long. W. La profundidad focal se estimó en unos 60-70 Km., con una magnitud de 7.1, en Moquegua se sintió con una intensidad de VII y en Arequipa alcanzó una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

20 de Julio de 1948.- A las 06:03. Sismo ligeramente destructor en las poblaciones de Caravelí y Chuquibamba. En el rea epicentral alcanzó el grado VI-VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del sismo fue de -16.6° Lat. S. y -73.6° long. W., la magnitud fue de 7.1.

03 de Octubre de 1951.- A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S. y -71° long. W., y su profundidad de 100 Km.

15 de Enero de 1958.- A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli (Fig. 5), y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K.(Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

Se considera los poblados más afectados por este sismo a Tiabaya, Sabandia, Cerrillos, incluyendo las viviendas construidas a base de adobe en el sector de La Pampilla, de igual manera sufrieron daños los domicilios situados a las orillas de la torrentera de San Lázaro; En Sachaca: La iglesia, el cementerio y la gran mayoría de casas fueron cuarteadas; la calle Mercaderes, es una de las zonas que sufrió fuertes daños, en la cual la mayoría de paredes se vinieron al suelo.

Por efectos del sismo, se desprendieron enormes bloques de rocas tanto del volcán Misti como de los cerros circunvecinos. Los derrumbes dañaron en varios tramos la línea de ferrocarril a Puno, la carretera panamericana en el sector comprendido entre Chala y Arequipa, quedó cubierta en varios trechos por deslizamientos de magnitud variable, siendo la zona más afectada entre Camaná y Atico. El movimiento fue sentido de Chíncha a Tarapacá en Chile, por el este en Cusco, Puno y otras localidades del Altiplano.

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizado en las siguientes coordenadas: - 16.479° Lat. S. y -71.648° Long. W., con una profundidad focal de 60 Km. y una magnitud 6.2.

13 de Enero de 1960.- A las 10:40:34. Fuerte terremoto en el departamento de Arequipa que dejó un saldo de 63 muertos y centenares de heridos.

El pueblo de Chuquibamba quedó reducido a escombros, siendo igualmente destructor en Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina, Moquegua y la ciudad de Arequipa.

En ésta última ciudad los edificios antiguos de sillar afectados por el sismo de 1958 sufrieron gran destrucción, como consecuencia del movimiento una inmensa nube de polvo cubrió gran parte de la ciudad, advirtiéndose gigantescos derrumbes de las faldas del volcán Misti, por toda la ciudad se miraba ruinas; fuera de Arequipa, Miraflores no mostraba mayores daños. Tiabaya, Tingo, Huaranguillo, Tingo Grande, Sachaca, Alata, Arancota, pampa de Camarones, Chullo y la urbanización de Hunter, exhibían el 90% de sus viviendas destruidas o a medio destruir.

Igual cuadro presentaba La Pampilla, Paucarpata, Characato, Socabaya, Mollebaya y los distritos aledaños a éstos. A consecuencia del movimiento telúrico se produjo en Charcani un derrumbe que cortó el suministro de fluido eléctrico. Los canales de agua sufrieron también ruptura, principalmente el canal de Zamácola.

Todas las casas del distrito de Polobaya, quedaron destruidas por efecto del sismo y apenas pasado el movimiento llovió granizada y la tormenta se produjo con rayos y relámpagos, el 95% de las casas de Puquina y alrededores quedaron completamente destruidas.

En la zona urbana del puerto de Mollendo los daños se limitaron a algunas caídas de cornisas. Las carreteras de penetración a Puno, a las diversas localidades del departamento. y hacia la costa quedaron intransitables por los derrumbes.

El radio de perceptibilidad fue, de aproximadamente 750 Km. sintiéndose en toda la extensión de los departamentos de Cuzco, Apurímac y Ayacucho. En el área epicentral la intensidad fue del grado VIII (Fig. 6), en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. Este sismo fue percibido en la ciudad de Lima con una intensidad del grado III y en la ciudad de la Paz con el grado III-IV. La posición geográfica del epicentro es de: -16.145° Lat. S. y -72.144° Long. W.. La profundidad focal se estima en 60 Km., y una magnitud de 6.2.

09 de Marzo de 1960.- A las 18:54, se produjo una violenta réplica del terremoto del 13 de Enero, en la ciudad de Arequipa se cayeron las cornisas removidas, este sismo fue, sentido en Puno, en los Puertos de Matarani y Mejia tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli, en la ciudad de Arequipa se sintió con una magnitud de 6.0; El epicentro se ubicó a -16° Lat. S. y -72° Long. W..

26 de Enero de 1964.- A las 04:00 se produjo un sismo en el sur del Perú, en Arequipa como producto del violento movimiento se registró cuatro heridos, y daños en las viviendas que ya se encontraban remecidas por anteriores sismos, este sismo tuvo una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli en la ciudad de Arequipa, en Mollendo y Ubinas alcanzó una intensidad de V.

16 de Febrero de 1979.- A las 05:08:53. Fuerte terremoto en el departamento de Arequipa, que ocasionó algunas muertes y muchos heridos. Este sismo produjo severos daños en las localidades de Chuquibamba y pueblos del valle de Majes. Alcanzó una intensidad máxima del grado VII en la Escala Internacional de Intensidad Sísmica M.S.K.(Fig. 7).

En la ciudad de Arequipa el sismo fue del grado VI habiendo afectado seriamente algunas viviendas de sillar. Además ocasionó graves daños en edificios relativamente modernos como el Hospital Regional N° 2 (Ex-empleado) Programa académico de Arquitectura y el pabellón Nicholson, ubicados estos 2 últimos en los Campus de la Universidad de San Agustín. La posición geográfica del epicentro es localizada en las siguientes coordenadas: -16.515° latitud S. y -72.599° Longitud W. La profundidad focal se estima en 52.5 Km., y la magnitud de 6.2.

23 de Junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o replicas y alcanzó una intensidad máxima de VIII (Fig. 8).



Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, algunos pueblos del interior y Camaná por el efecto del Tsunami.

El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado la muerte de 35 personas en los departamentos antes mencionados, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas.

4.1.1.2 Tectonismo de la Región Andina

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, está relacionada con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. En esa interacción también deben ser considerados los efectos que causan las placas menores próximas como la de Cocos y la del Caribe en la porción norte y la placa de Escocia en la porción sur, principalmente por presentar diferentes velocidad y direcciones del movimiento con relación a las placas principales.

De acuerdo con Wortel (1984), el modelo simple de interacción entre una placa oceánica y otra continental sobre la región andina, que fue considerado poco después del lanzamiento de la teoría de la tectónica de placas, al inicio de la década de los 70, fue modificada en base a investigaciones subsecuentes que mostraban la existencia de cambios significativos de norte a sur, en la estructura de la placa sumergida y los procesos asociados con la subducción. entre estos procesos están los fenómenos sísmicos y vulcanológicos, el tectonismo superficial y la formación de depósitos minerales. Esos cambios no concuerdan con la velocidad de la convergencia entre esas placas que es prácticamente uniforme a lo largo de toda la zona de subducción (~10 cm/año), la cual era considerada como principal proceso del control de la subducción; esta discrepancia, de acuerdo con Wortel hace cuestionar la validez del modelo de la tectónica de placas para la región andina.

Esa discrepancia entre tanto puede ser explicada (Wortel, 1984) tomándose en consideración la edad de la Placa Litosférica sumergida. Muchas de las complejidades de la zona de subducción en la región andina, resultan de la circunstancia peculiar de que la zona se encuentra en transición desde una etapa primitiva de absorción de la Placa Litosférica oceánica más antigua (> 70 m.a. y que produce sismos profundos). Ese estado de transición habría provocado un modelo tectónico sobre la región andina con variaciones temporales importantes, principalmente con cambio en el ángulo de subducción y la extensión de la placa sumergida, además varios segmentos de esa placa se encuentran en diferentes etapas de esa evolución.

Entre los elementos tectónicos más importantes relativos a la zona de subducción entre las placas de Nazca y de América del Sur, destacan las Dorsales Marinas Asísmicas, la Fosa Perú - Chile, los Volcanes activos y la Topografía de la Zona WB.

* **Dorsal de Nazca.**- La Dorsal de Nazca es una formidable elevación submarina de rumbo Suroeste. Está a 2500 metros por debajo de la superficie del mar, dividiendo a la Fosa Oceánica en dos segmentos, la Fosa de Arica hacia el SE y la Fosa de Lima hacia el NW. La Dorsal influye notablemente en la parte continental, determinando una

inflexión en la dirección general de la Cadena Andina. Por consiguiente, la Cadena Andina se extiende en dirección NW a SE, a la latitud del contacto de la Dorsal con el continente, se dobla para seguir una nueva orientación de Oeste a Este, posteriormente recupera aproximadamente su dirección inicial, hasta aproximadamente la latitud del codo de Arica, tomando una dirección Sur.

*** Geometría del plano de subducción.-** La zona ha sido frecuentemente estudiada debido a las características peculiares presentes en la Placa de Nazca subduida bajo la región andina. Los investigadores como Isacks & Molnar (1971), Sykes (1972), Barazangi & Isacks (1976, 1979), Sacks (1977), Snoke et al. (1977), tomando como base los datos de los catálogos internacionales y las soluciones de los mecanismos focales muestran la existencia de características distintas en la zona WB.

Utilizando la distribución Hipocentral de los sismos con focos superficiales e intermedios, fueron reconocidas hasta cuatro porciones en la placa de Nazca (Stauder, 1973, 1975; Barazangi & Isacks, 1976, 1979; Isacks & Barazangi, 1977). Estos investigadores concluyeron que entre 2° - 15° S, el plano de Benioff tiene un ángulo de subducción entre 5 y 10 grados hacia el Este, o sea es un plano casi horizontal donde no hay actividad volcánica, más aún, sin deformación en el continente, en tanto que desde los 15° a los 24° S y al sur de los 33° S el ángulo de subducción alcanza los 30° hacia el Este, y por el contrario, existe presencia de la actividad volcánica (Jordan et al., 1983). Además la "Deflexión de Abancay", una importante estructura transversal andina, que comprende seis sectores de fallas discontinuas con longitudes entre 3 y 18 kms., se presenta al norte de la zona de transición entre la zona de subducción casi horizontal y la porción con una subducción de 30° (Mercier et al, 1992).

Los cambios en la geometría del plano de subducción sobre el sur del Perú y norte de Chile, fueron estudiados, posteriormente, por medio de datos de redes sísmicas locales, en trabajos presentados por Hasegawa & Sacks (1981), Grange et al. (1984), y Boyd et al. (1984), que confirmaron un plano con un ángulo de buzamiento menor en la porción central del Perú y un ángulo de casi 30° al sur del Perú, y atribuían este cambio del plano a una contracción y no a un empuje como había sido propuesto por Barazangi & Isacks (1979). Schneider & Sacks (1987) demostró que efectivamente en el sur del Perú la actividad sísmica muestra un ángulo de subducción mayor que el observado en el Perú Central, proponiendo entonces que se trata de una contorción en la placa. En la región Norte de Chile también se realizó varios estudios sismológicos; Comte & Suárez (1994) y Comte et al. (1994) han publicado algunos trabajos al respecto en esta región. Ellos dan evidencias de una fase de transformación a lo largo de la porción subduida, con fallamiento normal e inverso entre 100 y 200 km. de profundidad y la ausencia de una corteza oceánica subduida.

Estudios efectuados por Abe & Kanamori (1979) mencionan que los sismos profundos e intermedios proveyeron importante información sobre las propiedades mecánicas y la distribución de esfuerzos de la placa oceánica subduida. Estudios sobre los sismos profundos en América del Sur, con esta finalidad, fueron efectuados por Suyehiro (1967), Khattri (1969), Mendiguren (1969), Wyss (1970), Isacks & Molnar (1971), Linde & Sacks (1972), Giardini (1984, 1986, 1988).

A partir de los 300 km. de profundidad, no hay presencia de actividad sísmica en la zona WB sobre la región andina, sin embargo ésta vuelve aparecer cerca de los 500 km.,

lo que conduce a especulaciones sobre la continuidad en profundidad del plano, sobre esa región (Baranzagi & Isacks, 1976, 1979; Berrocal, 1991).

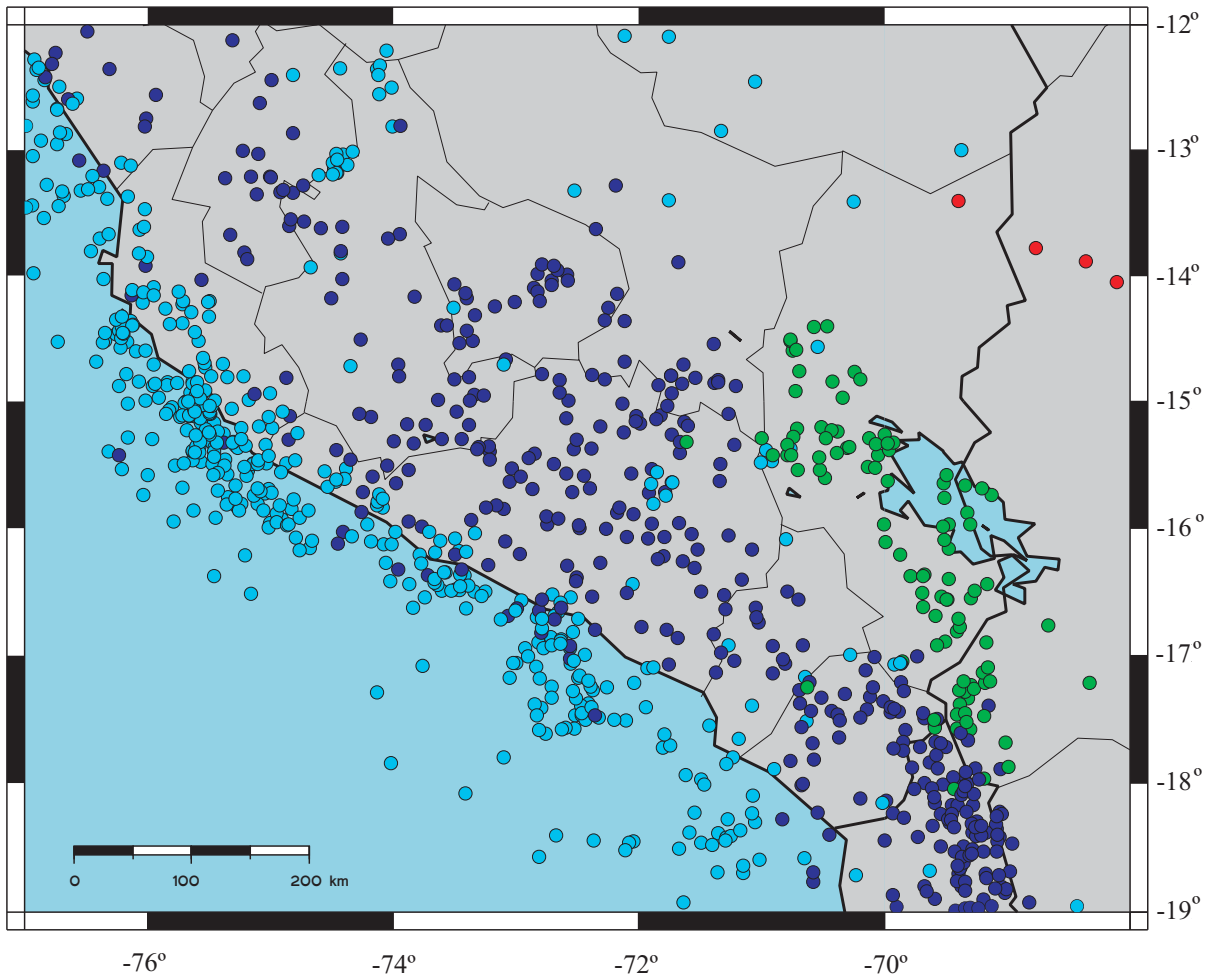
Berrocal & Fernández (1997), proponen que la porción de la placa de Nazca que es subduida entre 24° y 14.5° S, parece tener continuidad lateral y en profundidad hasta los 600 km. Esa porción de la placa subduida, según ese trabajo, parece que está siendo contorsionada hacia el Sur, cuando se correlaciona con los sismos muy profundos ocurridos en el extremo Sur, sugiriendo además, que la placa que es subduida correspondiente a los otros sismos profundos es contorsionada en menor proporción que la del extremo Sur. También sobre la base de un mapa de contornos del plano, elaborado por los mismos autores, se observa el efecto provocado por las dorsales de Nazca y de Juan Fernández en la topografía de la porción subduida de la placa de Nazca, una contorción del plano parece ser originada por la subducción de esas dorsales. El efecto de la dorsal de Nazca es más evidente y provoca una porción subduida flotante, representada por la amplia separación de las Isópacas y la contorción cóncava y convexa de esos contornos alrededor del contacto de la dorsal con el continente. Esto también es observado en la subducción de la dorsal de Juan Fernández sobre Chile Central, en tanto que la dorsal Perdida aparentemente se curva hacia el Norte antes de ser subduida sobre la costa de Chile.

4.1.1.3 Análisis de la Sismicidad


* **Distribución epicentral en el área de estudio.**- La distribución epicentral se encuentra representada en las Figuras 9 y 10 las cuales representan todos los sismos disponibles para el área de estudio. La Figura 9 muestra la distribución de los sismos para el periodo 1964 a 1998 usando para ello el catálogo Engdahl (Engdahl et al. 1998). Se puede ver en esta figura, en una primera aproximación que la sismicidad en un rango de profundidades superficiales ($h < 70$ km.) toman lugar continuamente a lo largo de la línea de costa conformando la porción más superficial de la subducción. En esta área han ocurrido los sismos más destructivos en la historia de la sismicidad de esta región como son los sismos de 1604 y de 1868 frente al sur del Perú y 2001. Sin embargo, otros sismos superficiales se encuentran ubicados dentro del continente los que pueden estar asociados a estructuras activas provocadas principalmente por el levantamiento de los Andes.

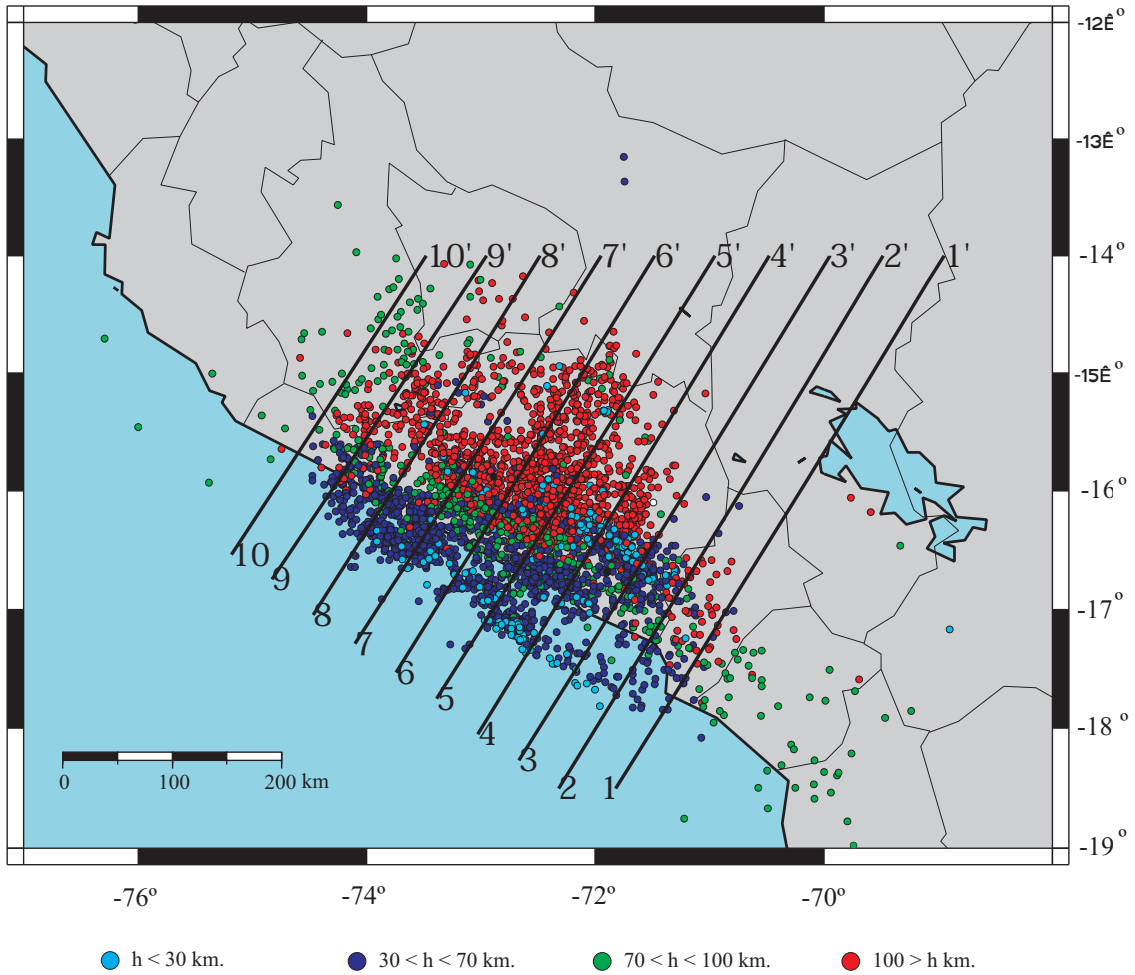
La actividad intermedia ($70 < h < 300$) se distribuye hacia el interior del continente. Del mismo modo, los sismos profundos, que son escasos, se hallan distribuidos en la franja NS, al sur del paralelo 15° S sufriendo un desvío hacia el oeste a los 14° S. Estos sismos representan la porción más profunda del plano de subducción.


En la Figura 10, se muestra con mejor detalle la sismicidad local del área de estudio obtenida a partir de campañas sísmicas locales a pesar de que el periodo de adquisición de datos de dichas campañas es muy corto (poco más de 3 años 1965, 1966, 1975-1976, 1980-1981), podemos notar dos claros alineamientos posiblemente asociados a estructuras activas, el primero cerca a la ciudad de Arequipa que tiene un largo aproximadamente de 150km. y 40km. de ancho y oscila en un rango de profundidades superficiales. El segundo alineamiento se encuentra más pegado a la costa y tiene un largo de aproximado de 140km. y un ancho de 30km, oscila en un rango de profundidades entre superficiales e intermedias, profundidades que serán mejor detalladas al realizar las secciones sísmicas las mismas que permitirán hacer una mejor



● $h < 70$ km.
 ● $70 < h < 150$ km.
 ● $150 < h < 300$ km.
 ● $300 > h$ km.

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA - INDECI</p>	
<p>MAPA EPICENTRAL PERIODO 1964 - 1998</p>		
<p>Fecha: setiembre, 2001</p>	<p>Ref.: Engdahl</p>	<p>Fig. N° 09</p>



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA - INDECI	
	MAPA EPICENTRAL CAMPAÑAS SISMICAS 1965, 1969, 1975-76 y 1985	
Fecha: setiembre, 2001	Ref.: Engdahl	Fig. N° 10

zonificación. También se puede notar actividad correspondiente a la zona de subducción hacia el oeste de la línea de costa.

El rango de magnitudes de esta actividad es muy pequeño, se encuentran sismos desde 2.5 a 4.0 como se puede ver en el catálogo obtenido a través del reprocesamiento hecho a los datos de Schneider y usando la fórmula obtenida para la determinación de la magnitud (M_D) a partir de la coda de duración de los sismos.

* **Secciones Sísmicas.**- Estas secciones (Fig. 11) son elaboradas para conocer la morfología de las fuentes sismogénicas, a través de la distribución espacial de los hipocentros, que son proyectados en planos verticales convenientemente orientados. El análisis de las secciones sísmicas permitieron determinar que los sismos en las cordilleras oceánicas son superficiales, en tanto que los sismos más profundos se presentan en los márgenes activos de los continentes. En América del Sur son superficiales en la zona de la Costa y profundos en el interior del continente.

4.1.1.4 Peligrosidad sísmica

La ciudad de Ilo se encuentra en una zona de gran actividad sísmica por consiguiente susceptible a ser expuesta a esta clase de peligro, El tipo de edificación o construcción de las viviendas no ofrecen ninguna resistencia sísmica, en gran parte de la ciudad y particularmente en la Pampa Inalámbrica, las viviendas han sido construidas sin ningún criterio antisísmico la que en el futuro se vuelven vulnerables, por la falta de acondicionamiento y previsión cuando no se toma en cuenta la calidad de los suelos, que es el caso preocupante de la Pampa Inalámbrica por el alto contenido de sales en algunos sectores, que en el futuro podría ocasionar asentamientos o hundimientos por la disolución de las mismas.

En el caso particular de Ilo la mayor parte de sus edificaciones se encuentran bastante conservados sobre todo las edificaciones cercanas al puerto, adicionalmente se podría indicar que su suelo es bastante competente, consistente en rocas intrusivas y metamórficas excepto algunos sectores. Por el contrario en la Pampa Inalámbrica hay serias deficiencias constructivas pero además su suelo por el contenido de sales representa siempre un peligro latente de no tomarse previsiones sobre todo con los servicios de agua y desagüe.

4.1.2 Tsunami

Los Tsunami han sido estudiadas para la ciudad de Ilo, se ha logrado determinar el tiempo mínimo de ocurrencia para el SW de Perú que es de 5 a 10 minutos, en el caso de Ilo se ha catalogado como de máxima peligrosidad por las condiciones topográficas, según los cálculos podría penetrar hasta unos 400 metros en la desembocadura del río. El plano de inundación por efecto del tsunami se calcula entre las curvas de nivel 15 a 20 metros (Fig. 12).

4.2 GENERALIDADES DE LA GEODINAMINA EXTERNA

La gran variedad de fenómenos naturales que ocurren en el Perú y en especial en la zona sur, han moldeado a través de su historia una evolución en el desarrollo urbano, agrícola, industrial, etc. Particularmente en el sector correspondiente a la ciudad de Ilo, las amenazas a la que esta expuesta es la erosión fluvial, arenamientos, inundaciones y activaciones de las quebradas.

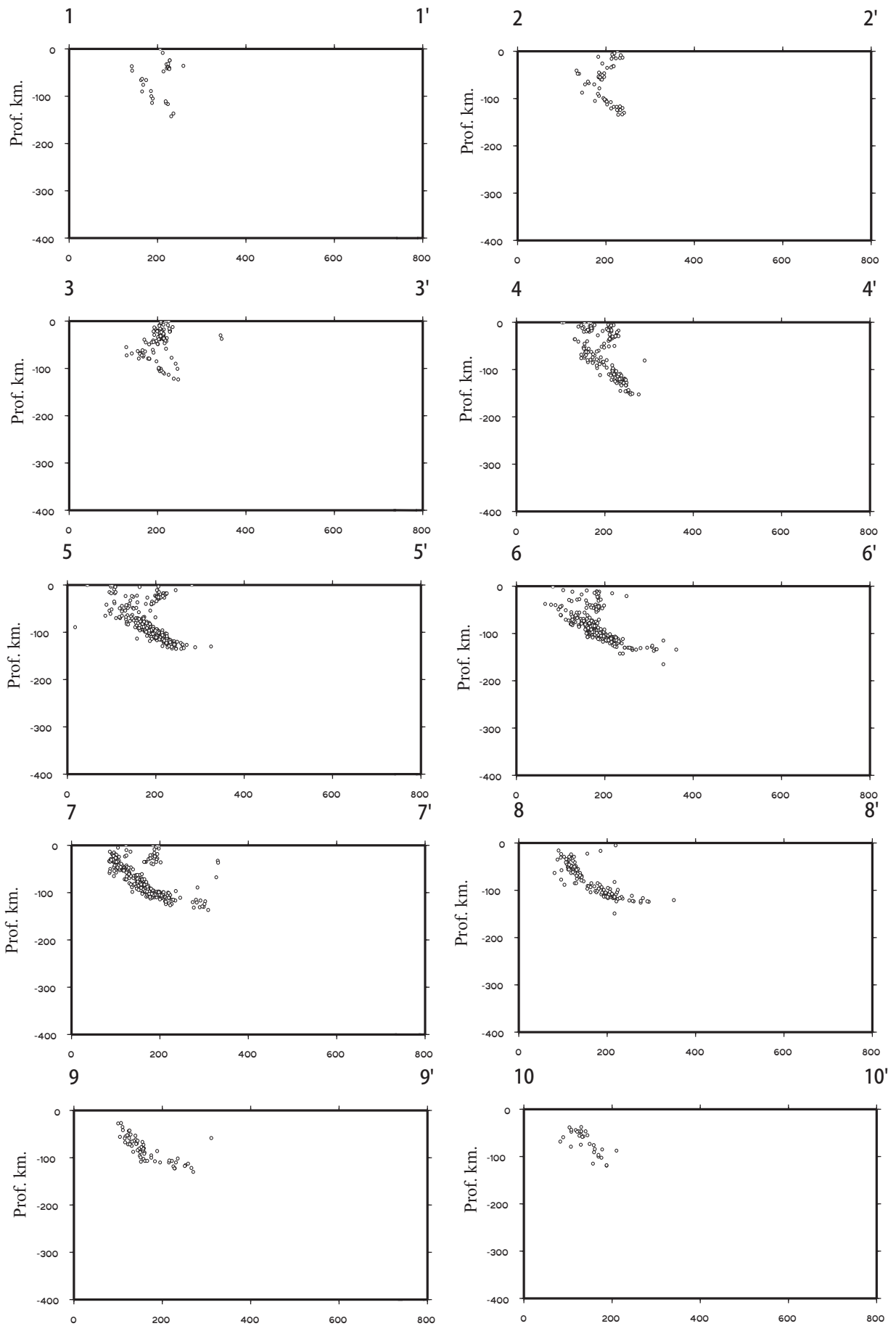
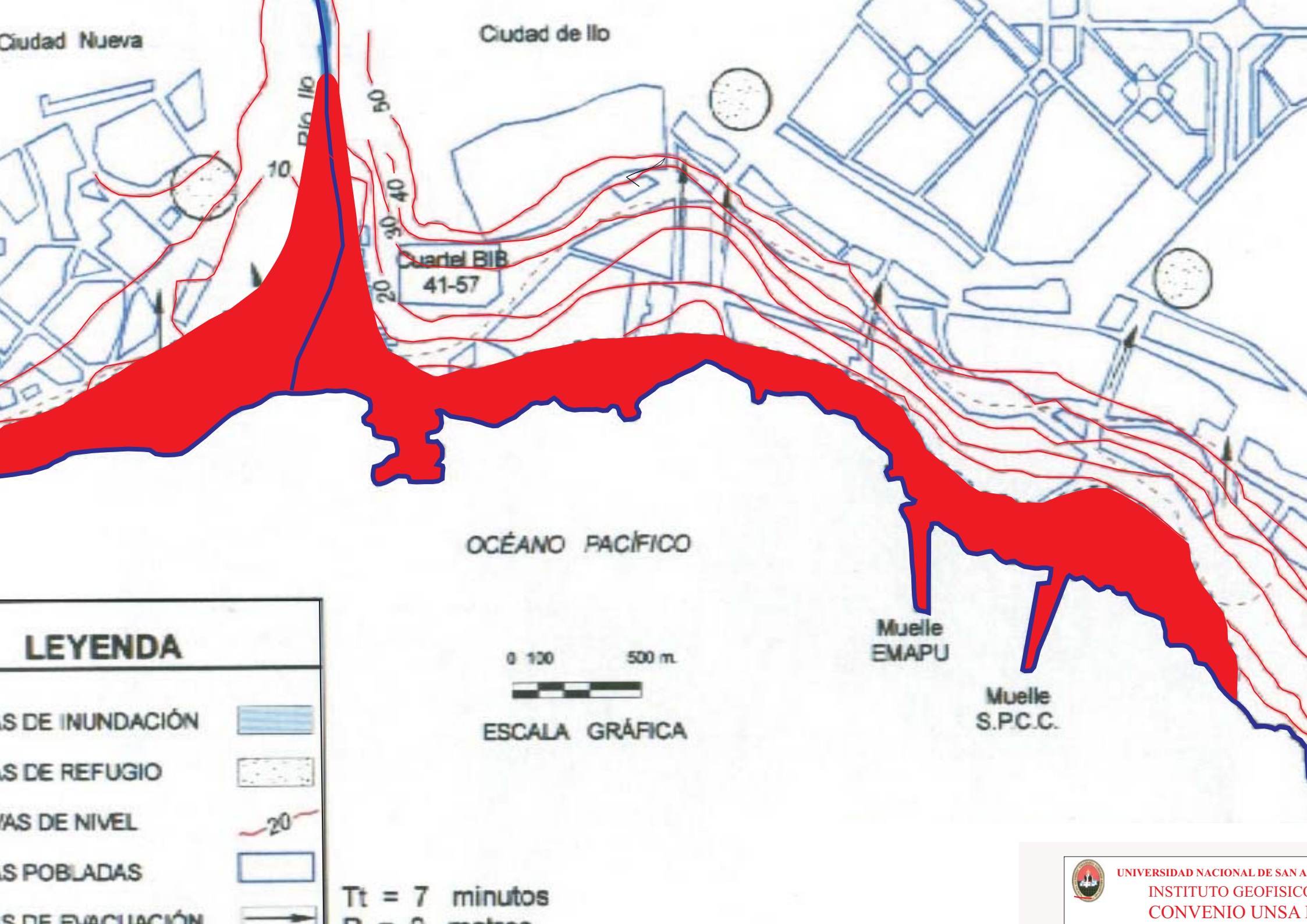


Fig. N° 11: SECCIONES SISMICAS



4.2.1 Inundaciones

Considerando que la precipitación pluvial en la ciudad de Ilo es sumamente escasa, la amenaza de inundación es baja, sin embargo por las condiciones del suelo de la Pampa Inalámbrica, por su alto contenido de sales le corresponde una peligrosidad moderada a futuro por la posible disolución de la misma. En el caso del Puerto por la pendiente existente no resulta preponderante en el caso de las inundaciones.

Por el contrario es necesario considerar cierto grado de peligrosidad en las quebradas secas y sobre todo en las cercanías de la desembocadura, por una eventualidad futura por el incremento de las precipitaciones en las cercanías de Ilo o en la región que comprometa los drenajes naturales.

4.2.2 Erosión Fluvial

Este fenómeno generalmente ocurre a lo largo de los ríos, especialmente en los torrentosos y durante las épocas de avenidas, debidas a las fuertes precipitaciones pluviales, por consiguiente el río Osmore debe considerarse como un peligro latente sobre todo en su desembocadura.

4.2.3 Arenamiento

Este proceso morfodinámico se presenta en Ilo como en muchos lugares de la costa peruana, originando depósitos de arenas conocidas como dunas. Estas arenas transitorias invaden terrenos de cultivos y particularmente en el caso de Ilo las carreteras.

CAPITULO V

ESTUDIO DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

5.1 PROSPECCION SISMICA

5.1.1 Urbanización Garibaldi

En la Urbanización Garibaldi (Cuadro 6), en la parte interior del Estadio, se realizaron dos Perfiles de Refracción Sísmica. El primero se encuentra ubicado en la pista atlética de la tribuna de oriente y el segundo en la Playa de Estacionamiento, donde se determinaron cuatro horizontes que a continuación se detalla; (ver anexo, ubicación de perfiles sísmicos-Plano 1), en las fotos 2 y 3, se observa el lugar donde se han realizado los estudios geofísicos y geotécnicos.

El primer horizonte es una delgada capa de unos pocos centímetros, con velocidades de 220.59 m/seg. a 606.06 m/seg., que es un material arenoso acompañado de conchuelas, el segundo horizonte tiene un espesor de 1.73 m. a 5.3 m. y una velocidad entre 1141.67m/seg. a 1190.48 m/seg., que correspondería al mismo material pero algo más compacto, acompañado probablemente de material rocoso intemperizado, el tercer horizonte tiene un espesor de 14.18 m. a 21.95 m con velocidades de 3341.18 m/seg. a 3562.50 m/seg., que estaría relacionado a material rocoso algo fracturado y el cuarto horizonte tiene velocidades de 4800.00 m/seg. a 5000.00 m/seg. que correspondería a la roca sin alteración.

CUADRO 6
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA URBANIZACION GARIBALDI

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4	TOTAL
	V ₁ (m/s)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/s)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/s)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/s)	∑Z(m)
1	220.59	0.46	1190.48	1.73	3562.50	21.95	5000.00	24.14
2	606.06	0.26	1041.67	5.35	3341.18	14.18	4800.00	19.79

PRS, Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidades de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

∑Z, Sumatoria de los espesores

5.1.2 Pacocha (Ciudad Nueva)

En Ciudad Nueva (Cuadro 7), se efectuó un perfil sísmico, encontrándose dos estructuras, la primera con una velocidad de 380 m/seg. y un espesor de 0.78 m., que está relacionado a material aluvial areno gravoso, subyaciendo a esta estructura tenemos un material con una velocidad de 1575.76 m/seg. que correspondería al mismo material más compacto.

CUADRO 7
VELOCIDADES Y ESPEORES DE PACOCHA (CIUDAD NUEVA)

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
	V ₁ (m/s)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/s)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/s)	Z ₃ (m)	∑Z(m)
3	380.00	0.78	1575.76				0.78

PRS, Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidades de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

∑Z, Sumatoria de los espesores

5.1.3 Pampa Inalámbrica

En esta zona se realizaron 17 perfiles sísmicos, distribuidos de una manera regular, con la finalidad de realizar un análisis detallado, se ha visto por conveniente efectuar una sectorización en base a la propagación de las ondas sísmicas, ver Anexo G (Plano 2)

Sector 1.- Comprende: Ampliación Pampa Inalámbrica, 24 de Octubre, Ampliación 24 de Octubre, Ampliación Nuevo Ilo, Ilo Habilidad, San Andrés, Tren al Sur, Brisas I, II ,III, IV, V y Los Angeles.

En este sector se realizaron 14 perfiles sísmicos (Cuadro 8) determinándose cuatro horizontes. En los perfiles 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 17 se ha determinado una capa superficial con una velocidad de 256.41m/seg. a 487.50 m/seg. y un espesor de 0.32m. a 1.56m. que correspondería a un material arenoso y arenas ligeramente compactadas, mientras que en los perfiles 7, 8 y 11 no se ha determinado este primer horizonte, subyaciendo a este horizonte tenemos velocidades de 581.40 m/seg., a 839.29 m/seg. que estaría relacionado con material arenoso algo más compacto con pequeños guijarros y un espesor de 2.25m. a 16.43, este material se encuentra constituyendo el primer horizonte en los perfiles 7, 8 y 11, con un espesor de unos pocos centímetros, el tercer horizonte fue determinado en todos los perfiles a excepción del 8, con velocidades de 1038.46m/seg. a 1764.71m/seg., en los perfiles 10, 11, 12, 15 y 16 su potencia es de 8.65m a 16.03m, probablemente corresponda al mismo material pero más compacto, y el cuarto horizonte ha sido determinado en los perfiles 8, 10, 11, 12, 15 y 16, con velocidades entre 2083.33m/seg. a 2565.22 m/seg. que correspondería a material arenoso con guijarros pero compacto.

CUADRO 8
VELOCIDADES Y ESPEORES DE LA PAMPA INALAMBRICA (SECTOR 1)

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4	TOTAL
	V ₁ (m/s)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/s)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/s)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/s)	∑Z(m)
4	277.78	0.32	674.42	2.25	1038.46			2.57
5	363.64	1.56	823.53	3.84	1515.15			5.40
6	256.41	0.36	839.29	11.87	1764.71			12.23
7	714.29	0.69	833.33	12.48	1428.57			13.17
8	555.56	0.22	823.53	16.43	2083.33			16.65
9	263.16	0.77	1162.79					0.77
10	487.50	0.57	1666.67	16.03	2560.00			16.60
11	588.24	0.34	1162.79	14.82	2444.44			15.16
12	411.76	0.60	1071.43	9.38	2500.00			9.98
13	454.55	0.27	837.84	10.47	1481.48			10.74
14	433.33	0.34	1176.47	8.65	1500.00			8.99
15	441.18	1.24	1578.95	12.06	2565.22			13.30
16	337.50	0.37	1153.85	5.85	2387.10			6.22
17	370.37	0.24	581.40	3.03	1315.79			3.27

PRS, Perfil de Refracción Sísmica
 V_1, V_2, \dots Velocidades de los diferentes horizontes
 Z_1, Z_2, \dots Espesores de los diferentes horizontes
 ΣZ , Sumatoria de los espesores

Sector 2.- Comprende Nuevo Ilo, Pampa Inalámbrica zona I.

Este sector (Cuadro 9) presenta mejores condiciones que todas las anteriores, el perfil sísmico 18 se encuentra ubicado en la pampa llamada Betesda (Altura del Terrapuerto), el perfil sísmico 19 en la parte lateral de ENACE Block D y el perfil sísmico 20 próximo al reservorio de agua de la Pampa Inalámbrica, del análisis de los perfiles sísmicos se ha determinado tres horizontes el primero con velocidades que fluctúan entre 365.08m/seg. a 760.00 m/seg. con espesores de 0.26m a 0.87m. que correspondería a material arenoso, con guijarros no consolidados, el segundo horizonte corresponde en el perfil sísmico 18 al mismo material pero más compacto mientras que en los perfiles 19 y 20 correspondería a material rocoso fracturado y subyaciendo a estos horizontes tenemos velocidades que oscilan de 4500m/seg. a 5555.56m/seg. que correspondería a roca no alterada.

CUADRO 9
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA PAMPA INALAMBRICA (SECTOR 2)

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4	TOTAL
	V_1 (m/s)	Z_1 (m)	V_2 (m/s)	Z_2 (m)	V_3 (m/s)	Z_3 (m)	V_4 (m/s)	ΣZ (m)
18	540.54	0.26	928.57	6.51	4500.00			6.77
19	365.08	0.87	2000.00	6.47	5000.00			7.34
20	760.00	0.39	1829.27	10.58	5555.56			10.97

PRS, Perfil de Refracción Sísmica
 V_1, V_2, \dots Velocidades de los diferentes horizontes
 Z_1, Z_2, \dots Espesores de los diferentes horizontes
 ΣZ , Sumatoria de los espesores

5.1.4 Ceticos

En la parte posterior izquierda de Ceticos (Cuadro 10), se realizó un perfil de refracción sísmica determinándose tres horizontes el primero con un espesor de 0.29m y una velocidad de 380m/seg. que correspondería a material arenoso, el segundo horizonte tiene un espesor de 2.61m. y una velocidad de 766.67m/seg. que correspondería a material arenoso semi-compacto con guijarros y el tercer horizonte presenta una velocidad de 4058.82m/seg. que correspondería a material rocoso.

CUADRO 10
VELOCIDADES Y ESPESORES DE CETICOS

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4	TOTAL
	V_1 (m/s)	Z_1 (m)	V_2 (m/s)	Z_2 (m)	V_3 (m/s)	Z_3 (m)	V_4 (m/s)	ΣZ (m)
21	380.00	0.29	766.67	2.61	4058.82			2.90

PRS, Perfil de Refracción Sísmica
 V_1, V_2, \dots Velocidades de los diferentes horizontes
 Z_1, Z_2, \dots Espesores de los diferentes horizontes
 ΣZ , Sumatoria de los espesores

5.2 ESTUDIOS DE RESISTIVIDAD GEOELECTRICA EN ILO.

En la localidad de Ilo se han realizado estudios de Resistividad Geométrica empleando el método de Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), se han ejecutado un total de 10 SEVs; 7

SEVs en la Pampa Inalámbrica, 1 en Garibaldi, 1 en Pacocha y 1 en Ceticos Ilo, la ubicación de los puntos de observación se encuentra en el Anexo G, Plano 1.

A continuación tenemos la interpretación Geoeléctrica de acuerdo al sector.

5.2.1 Interpretación Geoeléctrica de la Pampa Inalámbrica

En el cuadro 11, se representan los valores de resistividades y espesores encontrados en la Pampa Inalámbrica.

CUADRO 11
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE LA PAMPA INALÁMBRICA

S E V	Coordenadas geográficas	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
1	17°39'12.0" 71°18'57.0"	14600	0.8	15500	0.4	294	7.3	161	28.0	19	177.5	95	
2	17°39'15.2" 71°18'27.6"	1630	0.5	6460	0.3	565	4.4	65	40.3	14	272.6	320	
3	17°39'09.2" 71°19'45.7"	9000	0.6	84000	0.1	80	16.0	132	14.4	89	102.9	351	
4	17°37'55.7" 71°19'13.0"	4280	1.5	5420	0.5	----	---	800	5.2	31	77.1	247	
5	17°37'58.2" 71°17'51.2"	4910 6990	0.8 0.3	1930 6220	1.4 7.1	----	---	339	30.2	12	168.2	306	
6	17°38'49.1" 71°19'02.1"	5260	0.5	9600	0.4	561 334	6.1 3.4	136	30.4	17	46.9	479	
7	17°39'12.3" 71°20'09.1"	7900	0.5	26200	0.3	----	---	4990	2.1	80	18.6	250	

H1 - Horizonte geoeléctrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoeléctrica

* Descripción de los horizontes geoeléctricos (Pampa Inalámbrica)

Horizonte H1.- Presenta valores altos de resistividad, las mismas varían entre 1630 y 14600 Ohmios-metro y espesores entre 0.3 y 1.5 metros, esta primera estructura geoeléctrica está constituida por material areno gravoso seco y en algunos lugares se encuentra algo compacto.

Horizonte H2.- Presenta valores altos de resistividad, que oscilan entre 1930 y 84000 Ohmios-metro y espesores entre 0.1 y 7.1 metros; Constituido por materiales areno gravosos cementados con sales.

Horizonte H3.- Presenta valores de resistividad, que varía entre 80 y 565 Ohmios-metro y espesores que van de 4.4 a 16 metros; debe estar constituida probablemente por arenas semi compactadas. Esta estructura no se presenta en los SEVs 4, 5 y 7.

Horizonte H4.- Presenta valores de resistividad, que varía entre 65 a 4990 Ohmios-metro y un espesor entre 2.1 y 40.3 metros, estaría constituida por arenas de grano fino a medio compactadas. Los menores espesores se presentan en los SEVs 4 y 7, los cuales se ubican cerca al afloramiento de la roca intrusiva.

Horizonte H5.- Presenta bajos valores de resistividad, que varía entre 12 a 89 Ohmios-metro y su espesor de 18.6 a 272.6. Representa posiblemente la parte superior de la roca intrusiva es decir roca intemperizada.

Horizonte H6.- Presenta valores de resistividad, entre 95 y 479 Ohmios-metro y de espesor indefinido, debe corresponder a la roca intrusiva compacta de la zona de estudio.

Se ha elaborado tres perfiles geoelectricos correlacionando los 07 Sondeos Eléctricos Verticales realizados, los cuales se muestran en el Anexo C, (Figs. 1a, 1b y 1c).

5.2.2 Interpretación Geoelectrica de la Urb. Garibaldi

En el cuadro 12, se muestran los valores de resistividades y espesores de la Urbanización Garibaldi.

CUADRO 12
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE LA URB. GARIBALDI

SEV N°	Coordenadas Geográficas	H1		H2		H3		H4		H5	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5
8	17°37'58.2" 71°20'04.2"	900	0.9	132	4.3	31	26.8	12	20.4	44	----

H1 - Horizonte geoelectrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

* Descripción de los horizontes geoelectricos (Urb. Garibaldi)

Horizonte H1.- Presenta una resistividad de 900 Ohmios-metro y espesor de 0.9 metros, esta primera estructura geoelectrica está constituida por material areno gravoso con contenido de sales y conchuelas.

Horizonte H2.- Tiene resistividad de 132 Ohmios-metro y espesor de 4.3 metros, constituido por materiales arenosos algo compactados.

Horizonte H3.- Presenta una resistividad de 31 Ohmios-metro y un espesor de 26.8 metros; correspondiente probablemente a la parte superior de la roca intrusiva.

Horizonte H4.- Presenta un valor bajo de resistividad de 12 Ohmios-metro y espesor de 20.4 metros, debe corresponder a la roca intrusiva, presenta un alto grado de humedad producto de la intrusión marina.

Horizonte H5.- Estructura geoelectrica análoga a la anterior, presenta una resistividad de 44 Ohmios-metro y de espesor indefinido, debe corresponder a la roca intrusiva, por sus bajos valores de resistividad debe tener un alto contenido de humedad producto de la intrusión marina.

En el Anexo C, (Fig. 2), se observa la columna geoelectrica elaborada.

5.2.3 Interpretación Geoelectrica de la Urb. Pacocha (Ciudad Nueva)

Los valores de resistividades y espesores de la Urb. Pacocha se indican en el cuadro 13.

CUADRO 13
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE LA URB. PACOCHA

SEV N°	Coordenadas Geográficas	H1		H2		H3		H4		H5	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5
9	17°36'17.7" 71°20'18.6"	3360	0.8	16300	1.1	830	18.5	165	82	250	----

H1 - Horizonte geoelectrico
R1 - Resistividad
E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

*** Descripción de los horizontes geoelectricos (Urb. Pacocha-Ciudad Nueva)**

Horizonte H1.- Presenta resistividad de 3360 Ohmios-metro y espesor de 0.8 metros, esta primera estructura geoelectrica está constituido por material areno gravoso de origen aluvial.

Horizonte H2.- Tiene resistividad de 16300 Ohmios-metro y espesor de 1.1 metros; debe estar constituida por materiales areno gravosos algo compacto.

Horizonte H3.- Esta estructura geoelectrica presenta resistividad de 830 Ohmios-metro y espesor de 18.5 metros; constituida probablemente por material arenoso compactado.

Horizonte H4.- Presenta un valor intermedio de resistividad de 165 Ohmios-metro y espesor de 82 metros, debe estar constituido por la parte superior de la roca intrusiva presente en la zona de estudio.

Horizonte H5.- Estructura geoelectrica con resistividad de 250 Ohmios-metro y espesor indeterminado. Debe corresponder a la roca base mucho más compactada. La columna geoelectrica obtenida se puede ver en el Anexo C, (Fig. 3).

5.2.4 Interpretación Geoelectrica de Ceticos

En el cuadro 14 se indican los valores de resistividades y espesores encontrados en la zona de Ceticos-Ilo.

CUADRO 14
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DEL SECTOR DE CETICOS - ILO

S E V	Coordenadas Geográficas	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
10	17°41'01.9" 71°19'31.5"	8600	0.9	539	3.3	19	21.6	166	6.3	6	103.9	234	----

H1 - Horizonte geoelectrico
R1 - Resistividad
E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

*** Descripción de los horizontes geoelectricos (Ceticos-Ilo)**

Horizonte H1.- Tiene una resistividad de 8600 Ohmios-metro y espesor de 0.9 metros, esta primera estructura geoelectrica está constituida por material areno gravoso.

Horizonte H2.- Presenta una resistividad de 539 Ohmios-metro y espesor de 3.3 metros; debe estar constituida por materiales areno gravosos algo compactada.

Horizonte H3.- Presenta una resistividad de 19 Ohmios-metro y espesor de 21.6 metros; constituido por arenas saturadas de humedad con presencia de sales.

Horizonte H4.- Este horizonte geoelectrico presenta un valor intermedio de resistividad de 166 Ohmios-metro y espesor de 6.3 metros, debe estar constituido por arenas semi compactadas con poca humedad.

Horizonte H5.- Presenta una estructura geoelectrica con resistividad de 6 Ohmios-metro y espesor de 136 metros. Debe estar constituido por arenas saturadas de agua producto de la intrusión marina.

Horizonte H6.- Presenta una resistividad de 234 Ohmios-metro, de espesor indefinido, debe corresponder al basamento rocoso de la zona de estudio.

La columna geoelectrica obtenida se puede ver en el Anexo C, (Fig. 4).

5.3 ESTUDIO GEOTECNICO

5.3.1 Mecánica de Suelos

Se ha realizado la evaluación de los suelos, mediante la excavación de calicatas de sondeo, y los perfiles naturales, con la finalidad de determinar las características físicas, mecánicas y químicas de los suelos.

La parte antigua de la ciudad de Ilo se encuentra sobre una terraza constituida por roca intrusiva, y la parte de la expansión urbana actual, se halla sobre una terraza constituida por el afloramiento de la roca a una altitud superior a los 100 m, superficialmente rellenada por arenas medias a gruesas que en algunos casos constituyen el material que cubre el afloramiento de la roca, en espesores comprendidos desde unos pocos centímetros hasta alcanzar espesores de varios metros, alcanzando diversos estados entre muy compactos por procesos de cementación o preconsolidación, a estados sueltos por los efectos de remoción y relleno eólico de las capas superficiales mayor espesores y en otros conforman un relleno de mayor potencia.

El substrato rocoso, constituido por rocas intrusivas superficialmente intemperizado y fracturado, sin embargo constituye un lecho de fundación estable, sin embargo en todos los casos se tienen la presencia de sales solubles, compuestas principalmente por cloruros y sulfatos causando, por los efectos de filtración de humedad la disolución de las mismas formando oquedades, con los efectos consiguientes de probabilidades daños estructurales.

5.3.2 Dinámica de Suelos

Con la finalidad de determinar los parámetros dinámicos, se han efectuado los sondeos geofísicos, tal como se ha descrito anteriormente, permitiendo determinar las velocidades de las ondas P y S, utilizando el método de refracción sísmica, el mismo que se realiza, mediante la colocación de geófonos sobre la superficie, y registran el impacto provocado en un punto, este método permite determinar los espesores de los estratos mediante los cálculos de velocidad registrados para cada uno de los mismos.

*** Muestreo**

Los objetivos y usos de las muestras son necesarios para identificar y clasificar los suelos correctamente, siendo indispensable para la determinación de la densidad y humedad para las pruebas de laboratorio.

El muestreo se ha realizado por zonas y de acuerdo con las características estratigráficas, obteniéndose muestras alteradas e inalteradas, de cada una de las perforaciones realizadas y luego transportadas al laboratorio con la finalidad de realizar los ensayos correspondientes, conforme a las normas A.S.T.M

*** Humedad**

La humedad del suelo está definida como la relación del peso del agua contenido en la muestra.

*** Granulometría**

Es el análisis del tamaño de las partículas, mediante una combinación del cribado y de análisis mecánico en agua, conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), determinando de acuerdo con los diámetros comprendidos entre 3 pulg. a la malla N° 4 como gravas, los diámetros comprendidos entre las mallas N° 4 y N° 200 como arenas y los diámetros menores a la malla N° 200 denominadas como limos y arcillas

*** Límites de Atterberg**

Son los límites líquido, definido por el contenido de agua por encima del cual el suelo se comporta como un líquido viscoso.

Límite plástico, definido por el contenido de humedad por encima del cual el suelo se comporta como un material plástico, con una resistencia al esfuerzo cortante nula.

Límite de contracción, definido por el grado de saturación del 100 % bajo el cual no ocurre un cambio ulterior de volumen del suelo con un secado adicional.

*** Peso específico**

El peso específico, está constituido por el valor del peso unitario del suelo, siendo la relación del peso entre el volumen.

*** Corte Directo**

El valor de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, constituye el parámetro más importante, siendo un parámetro para determinar entre otros factores la estabilidad de taludes.

*** Análisis Químico**

Los análisis químicos permiten determinar la composición química, esto es determinar la presencia de agentes agresivos, tales como las sales solubles, cloruros, carbonatos, sulfatos entre otros.

Con los resultados de todos los ensayos realizados de los suelos, se ha podido caracterizar los suelos y en base a todo ello se puede categorizar en cuatro calidades de suelos, con las siguientes características:

* Cálculo de capacidad portante

La capacidad de carga última de un suelo bajo una carga de cimentación depende principalmente de la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad permisible o de trabajo para diseño tomara en consideración la resistencia al corte y las características de deformación.

La determinación del valor de la capacidad de carga del suelo, es el valor de resistencia a soportar la transmisión de las cargas de solicitación de una superestructura, entre la más aplicada de las ecuaciones para la determinación de dicho valor se halla la ecuación de Hansen:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + \gamma DN_q S_q d_q + 1/2 \gamma BN_s \gamma d_s$$

Con los resultados de los valores obtenidos, se ha procedido a realizar, una zonificación de los suelos, agrupando por zonas de acuerdo con las características de los suelos.

5.3.3 Caracterización de Suelos

5.3.3.1 Suelos Tipo I

Constituidos por rocas alteradas por efectos de intemperismo y fracturadas, y en el mejor de los casos por roca inalterada, la cual se halla a unos pocos metros de profundidad, la roca constitutiva de origen intrusivo, principalmente granodioritas y dioritas, se halla en la zona de la ciudad de Ilo puerto y en los afloramientos hacia la pampa inalámbrica formando taludes y escarpas abruptas, que por las características de la roca no representan inestabilidad en los taludes, sin embargo los efectos de intemperismo y fracturamiento ocasionan, la previsible posibilidad de desprendimientos de roca superficial en formas de fracturamientos y desplomes, por lo que se puede considerar lo zona de los taludes rocosos con especial atención, en la zona de la pampa inalámbrica entre los sectores de ENACE, en donde el lecho de fundación esta constituido por dicho material.

5.3.3.2 Suelos Tipo II

La zona comprendida por el sector del distrito de Pacocha, constituido por lechos aluviales por su composición de bloques y gravas redondeados a subredondeados, arenas gruesas a finas medianamente a bien compactas, establecen buenas características como suelo de fundación, estableciéndose, que por el proceso aluvial, la presencia de sales solubles es casi mínima, representando por lo tanto una estabilidad de los suelos, esta zona comprende todo el abanico de inundación del río Osmore.

5.3.3.3 Suelos Tipo III

Comprendiendo los sectores de Garibaldi por ser una zona de relleno sedimentario, con lecho de suelo areno gravosos poco compacto, presencia de sales solubles de otro lado el sector de Miramar, que se halla en parte del talud de afloramiento rocoso, constituyendo el mayor problema la posibilidad de deslizamiento de la roca intemperizada y finalmente en la zona de la pampa inalámbrica gran parte de la pampa se halla sobre uno pocos metros de relleno areno gravoso con una mayor o menor cuantía de presencia de sales solubles, que sin embargo en condiciones drenadas presentan características muy estables, siendo por consiguiente imperioso un control de

las filtraciones de aguas superficiales, causantes de la disolución de las mismas con los consiguientes riesgos de asentamientos diferenciales y posibilidades de colapso.

5.3.3.4 Suelos Tipo IV

Areniscas y limo presentes en forma alterna, las areniscas se hallan presentes con una alta cementación por la presencia de sales solubles, bajo las cuales se encuentran materiales con una mayor concentración química por la presencia de lechos de relleno marino conformando estratos de regular potencia de conchuelas, caso de la zona sur en los Céticos, y de otro lado la zona aledaña a la pampa inalámbrica entre las urbanizaciones villa paraíso y las áreas colindantes, constituyendo por lo tanto las características más desfavorables en la calidad de suelos.

El resumen de los resultados obtenidos se muestran en el Anexo D, E y F.

El Plano Geotécnico, Anexo G (Fig. 2), se consigna los diferentes tipos de suelos, por sus características físicas, químicas y mecánicas, correspondientemente los suelos más estables se ubican en la zona del Puerto por el Basamento rocoso, además puede considerarse la zona de Pacocha por las características mecánicas de su suelo de origen aluvial, como un suelo competente. En la zona del Puerto existe un sector (Garibaldi), los suelos están formados por un relleno marino (arenas conchuelas y sales), cuyas características son de baja capacidad portante, debida a su poca consolidación, por consiguiente es un suelo que ofrece una peligrosidad moderada. El sector de Miramar, si bien es cierto que las características físicas y mecánicas de las rocas son aceptables, pero por la topografía se está considerando como de peligrosidad moderada.

La Pampa Inalámbrica, por su extensión e importancia como futura zona de expansión urbana, se ha realizado estudios más detallados, consistente en; Estudios Geofísicos y Geotécnicos, encontrándose dos áreas definidas; La primera área cercana al Farallón que divide con la zona del Puerto, es la más estable, debido a que la roca intrusiva aflora, por consiguiente consideramos a éste suelo como muy competente, por lo tanto es de muy baja peligrosidad a los efectos de los sismos. El área media y superior de dicha Pampa, por la potencia de sus sedimentos, presencia de Sales y su baja compacidad, de tal manera se considera de una peligrosidad media.

En las fotografías; 4, 5, 6, 7 y 8, se observa la litología de algunos sectores de Ilo.

CAPITULO VI

EVALUACION DE PELIGROS

En la ciudad de Ilo se han identificado los siguientes peligros potenciales por los diferentes agentes naturales (sismos, inundaciones, activación de quebradas, arenamiento, deslizamiento y tsunami).

6.1 SITUACIÓN DE PELIGRO FRENTE A UN EVENTO SÍSMICO

Luego de los estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos, se ha logrado identificar que en la parte baja de la ciudad, es decir en el Puerto, el substrato rocoso metamórfico se encuentra ampliamente expuesto si bien es cierto que en su parte superficial se encuentra intemperizado le corresponde una capacidad portante de alto grado que la hace competente, es por ello que, se han registrado daños menores en el evento del 23 de junio, por lo que consideramos que son suelos donde se producen baja amplificación sísmicas, adicionalmente son terrenos con poca pendiente. Por lo tanto, se está considerando como de bajo peligro.

En este sector existen dos áreas que se esta considerando como de peligro medio, es decir de amenaza moderada, en el caso de Garibaldi son suelos arenosos con alto contenido de conchuelas y sales que la hacen susceptibles a asentamientos diferenciales por la presencia de humedad como fuente de disolución de las sales, por su baja capacidad portante amplifican las ondas sísmicas. En el caso del sector de Miramar los suelos tienen mejores características geotécnicas pero, presentan pendientes algo pronunciadas que la hacen moderadamente peligrosas.

En el sector de Pacocha (Ciudad Nueva), de acuerdo al análisis de los trabajos de campo, se deduce que el suelo aluvional es compacto y seco, por lo que se le considera como un sector de bajo grado de peligrosidad, totalmente coherente con la respuesta de las edificaciones al sismo del 23 de junio.

El sector más crítico de la ciudad de Ilo lo constituye algunas áreas de la Pampa Inalámbrica por la falta de consistencia de los suelos y el alto contenido de sales que la hace sumamente frágil, es un suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas, con la finalidad de estabilizar esta gran área es necesario considerar en forma urgente los servicios de agua y desagüe, esto es, por la presencia de alta salinidad en los suelos, por lo que consideramos como un área de peligro medio. El área cercana al borde occidental de la Pampa los suelos son muy estables de alto grado de capacidad portante, por la presencia de rocas intrusivas, esta área se le considera como de baja peligrosidad porque no amplifican las ondas sísmicas. Finalmente precisaremos que hay un área en la Pampa donde se han registrado daños importantes a raíz del último sismo, que coincide con el alineamiento general de la Falla Chololo que supuestamente compromete al basamento que se encuentra por debajo de los sedimentos marinos, es

una franja peligrosa donde se espera aceleraciones sísmicas altas y por los asentamientos que se producirían cómo un área debilitada por la presencia de la falla antes mencionada, que se prolonga en dirección de los Ceticos.

Los terrenos ubicados en la parte sur de Ilo, a la que denominamos terraza 2, más reciente que el de la Pampa Inalámbrica debe considerarse con las características de amenaza moderada por las condiciones de su suelo con alto contenido de conchuelas y sales y el sector por donde pasa la falla que es en las inmediaciones de los Ceticos se considera como peligroso, ver Anexo G, (Fig. 3)

6.2 LA FALLA CHOLOLO

En el Anexo G, (Figura 4) se observa la posible ubicación de la Falla Chololo por debajo de las terrazas marinas de la Pampa inalámbrica y Ceticos, esta falla se extiende por cerca de 15 kilómetros y cruza justamente por el Cerro del mismo nombre. Por efecto del sismo del 23 de junio se observó fisuras y estrías en dos sectores claramente definidas una de ellas en la Pampa Inalámbrica por la zona de las Brisas, donde se registraron los daños más importantes y en la terraza inferior cerca de los Ceticos.

La ubicación de estos dos sectores guardan un alineamiento que coincide con el rumbo general de la falla. Podríamos explicar esta correspondencia entre la posible ubicación de la falla por debajo de la pampa con los daños, debido a que es una zona debilitada por consiguiente se registraría amplificación de las ondas sísmicas.

Este sector lo consideramos en el nivel de peligroso, por consiguiente las acciones futuras debe estar orientado a la solución de los problemas desde el punto de vista social y técnico. La franja involucra probablemente unos 200 a 300 metros de ancho.

En las fotos 9 y 10 se observa agrietamientos en el sector de Ceticos por posible influencia de la Falla Chololo

6.3 SITUACIÓN DE PELIGRO ANTE INUNDACIONES Y ACTIVACIÓN DE QUEBRADAS

Por las características climatológicas de Ilo, las inundaciones y activación de las quebradas se encuentran en áreas muy restringidas, como es el caso de la desembocadura del río Osmore y la quebradas que se encuentran en el sector de Pacocha. Sin embargo, por las características especiales de los suelos de la Pampa Inalámbrica por el alto contenido de sales es necesario tomar las previsiones del caso, debido a la posible disolución de los mismos en el caso de una fuerte precipitación pluvial. El sector del Puerto por su pendiente no tendría problemas de colmatación o embalsamiento, Anexo G (Fig. 5).

6.4 SITUACIÓN DE PELIGRO ANTE EL TSUNAMI

Se tiene registrado la ocurrencia de tsunami en Ilo a través de su historia, como, los ocurridos en los años de 1868 y 1877, la zona de inundación según los estudios realizados por algunos autores como E. García (1994), consideran el nivel de los 15 metros, se ha calculado adicionalmente que el mar podría penetrar hasta una distancia

de 400 metros en la desembocadura del río, lo que la hace sumamente peligroso, Anexo G (Fig. 6).

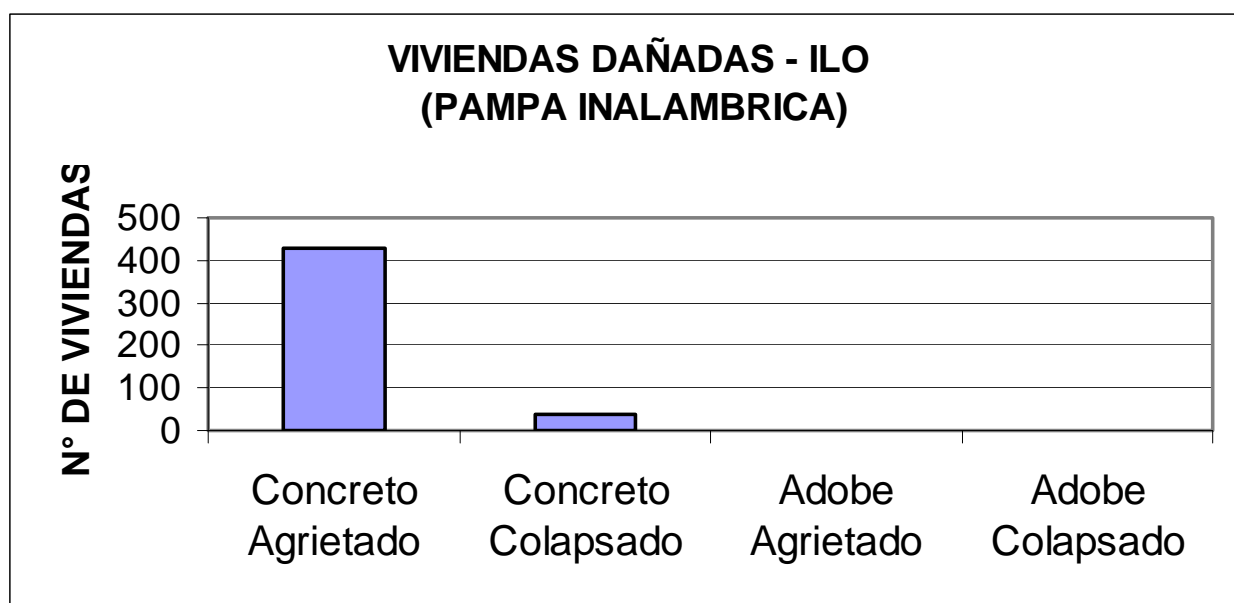
6.5 SITUACIÓN DE PELIGRO ANTE DESLIZAMIENTOS

Si bien es cierto que existe cierto grado de estabilidad de taludes en la ciudad de Ilo, en relación al farallón que divide el Puerto con la Pampa Inalámbrica sobre todo en el sector donde aflora la roca intrusiva. Sin embargo, la pendiente existente en la parte alta de Miramar podría considerarse como medianamente peligroso por el tipo de material y en consecuencia no aparente para una futura expansión urbana.

6.6 EVALUACION DE DAÑOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO

En el mes de julio se realizó la evaluación de daños de las viviendas de la ciudad de Moquegua (Cuadro 15), a un nivel de 80%, efectuado por la UNSA; las encuestas se llevaron a cabo en formato proporcionado por INDECI, en el cual se han considerado varios parámetros de evaluación. El mayor porcentaje de viviendas dañadas se encuentra en la Pampa Inalámbrica, las viviendas construidas en éste lugar en su mayoría son de material noble, y para efectos de una apreciación general sólo se ha considerado a las viviendas de concreto agrietado, y concreto colapsado, no existiendo viviendas de adobe.

CUADRO 15
CANTIDAD DE VIVIENDAS EVALUADAS



6.7 ANALISIS DEL PORCENTAJE DE VIVIENDAS DAÑADAS

Se ha efectuado un análisis para tener una mejor conceptualización de los daños producidos por el terremoto del 23 de junio:

- El mayor porcentaje de viviendas dañadas se encuentra en la Pampa Inalámbrica, cuyo análisis ya ha sido descrito. El 91% de viviendas dañadas corresponde a Concreto agrietado, y el 9 % a Concreto Colapsado que en su mayoría son viviendas precarias
- La Urb. Garibaldi, representa la 2da zona en viviendas agrietadas, siendo una zona aislada, con pocas viviendas dañadas.
- La Urb. Miramar, representa la 3ra zona en viviendas agrietadas, también representando una zona con pocas viviendas dañadas.

En las fotos del 11 al 25, se observa los daños en las viviendas de; Pampa Inalámbrica, Garibaldi y el Algarrobal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. PROSPECCION ELECTRICA

Zona Urb. Garibaldi

Define cinco horizontes geoeléctricos, los dos primeros corresponde a material areno gravoso con contenido de sales y presencia de conchuelas. Los daños registrados en este sector tienen una relación directa por el tipo de suelos. Sin embargo, a mayores profundidades se tiene un substrato rocoso competente.

Zona Urb. Pacocha

Se ha determinado cinco horizontes geoeléctricos, las tres primeras estructuras que suman una potencia de 20.4 metros están constituidas por materiales areno gravoso de origen aluvial, en profundidad por las características geoeléctricas sería el basamento rocoso, estos suelos son estables.

Zona Ceticos

Se han encontrado 6 estructuras geoeléctricas, las primeras corresponderían a material arenas con gravas, sales y conchuelas, las inferiores por sus características sería el basamento rocoso.

Zona de Pampa Inalámbrica

A lo largo y ancho de ésta zona se ha realizado 07 sondajes eléctricos verticales, y se ha determinado 06 horizontes geoeléctricos. Los cuatro primeros horizontes suman entre 2.9 y 45.5 metros de espesor, de igual manera, de acuerdo a la zona presenta valores intermedios a altos de resistividad y está constituido por arenas gravosas con diferentes secuencias de estratificación, con un alto contenido de sales. Los horizontes más profundos se correlacionan con la roca intrusiva.

B. PROSPECCION SISMICA

Sísmica Garibaldi

Del análisis de los perfiles sísmicos que se realizaron en esta urbanización, nos ha permitido determinar una estructura superficial de origen marino, constituido por arenas, conchuelas e infrayaciendo se encuentra el substrato rocoso con una alta velocidad sísmica. Los daños registrados en este sector se debe fundamentalmente al sedimento superficial incompetente.

Sísmica Pacocha

Los suelos en el sector de Pacocha (Ciudad Nueva), corresponde a materiales areno gravosos poco consolidados de origen aluvial por la velocidad encontrada, subyaciendo a esta estructura los materiales se hacen más competentes.

Sísmica Pampa Inalámbrica

Durante el análisis y procesamiento de la información sísmica, se dividió la zona de la Pampa Inalámbrica es así que: en el sector 1 tenemos suelos poco consolidados con alto contenido de sales que conforma un paquete potente aumentando su velocidad en profundidad por la mayor consistencia del substrato, los daños en este sector por el sismo del 23 de junio, se debe probablemente a la falla Chololo que cruzaría este sector y al proceso constructivo deficiente.

El sector 2 presenta los mejores suelos, como se ha podido encontrar en las domocronas los contrastes de velocidades son bien pronunciados determinándose el basamento rocoso entre 6.80m. a 11.00m. Las viviendas de este sector no fueron afectadas por el sismo.

Sísmica Ceticos

Este perfil representa en su parte superior materiales medianamente consolidado con alto contenido de sales y conchuelas, el substrato rocoso se encuentra a varios metros de profundidad.

C. GEOTECNIA

1. Se han reconocido principalmente cuatro tipos de suelos, el primero constituido por rocas inalteradas de origen intrusivo y de calidad competente, por consiguiente presentando buena capacidad portante como lecho de fundación; seguido por este mismo material rocosos fracturado y que por la presencia de sales representa un lecho de fundación de buena capacidad pero con la limitación consiguiente por la presencia de agentes químicos agresivos.
2. Un segundo tipo constituido por suelo areno gravoso de origen aluvial compuesto por cantos rodados bloque y gravas arenosas también con buenas propiedades como terreno de fundación.
3. En tercer término se halla los suelos areno gravosos presentes en la zona de la pampa inalámbrica, con regular a buena compacidad y que en algunos casos se halla cementada por la presencia de sulfatos y/o cloruros, constituyendo sin embargo bajo buenas condiciones de tratamiento un terreno estable con algunas limitaciones por los efectos de la filtración de aguas que constituyen la disolución de los componentes químicos.
4. Los suelos arenosos circundantes a la zona de playa hacia el Sur en las zonas aledañas a los Ceticos y en la parte de la Pampa Inalámbrica por la alta concentración de componentes químicos además de la proximidad a la zona de falla, es conveniente considerar como un agente agresivo por la cuantía, la presencia de sulfatos, cloruros o carbonatos, siendo la causa de colapso por efectos de saturación.
5. Se recomienda tomar en consideración las características geotécnicas del subsuelo para los futuros proyectos de desarrollo urbano, dentro de un contexto de calificación y supervisión profesional en los procesos constructivos y control de calidad de los materiales de construcción, que en muchos casos han sido la causa de daños estructurales.

6. Establecer, por ser una zona sísmica, una sencillez y simplicidad en el diseño estructural, considerando una estructura simétrica, evitando los esfuerzos adicionales por solicitaciones dinámicas.

D. PELIGROS

1. Existe en la zona del Puerto una alta concentración de habitantes y de actividades económicas, la que lo hace vulnerable ante un evento sísmico o la generación de un tsunami, por lo que es necesario tomar alguna política que permita prever y mitigar los daños.

2. Sería importante diseñar las salidas de evacuación de los pobladores ante la ocurrencia del algún fenómeno natural. Experiencia negativa que sucedió a raíz del último sismo del 23 de junio. La prevención y mitigación debe estar acompañado con una sólida educación sobre el comportamiento en una eventual ocurrencia de un fenómeno natural.

3. Las edificaciones dañadas por el último sismo deben ser reforzadas con un soporte técnico adecuado.

4. Las futuras edificaciones cercanas al mar deben ser diseñadas según las normas internacionales para el caso de la ocurrencia de tsunami.

5. Las instituciones responsables deberán considerar en el futuro mayor rigurosidad en el control del proceso constructivo y el cumplimiento de las normas establecidas para tal efecto.

6. Por el alto contenido de sales en la Pampa Inalámbrica, se deberán tomar medidas especiales que eviten la disolución con la consiguiente inestabilidad de los suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abe, K., & Kanamori, H., (1979). Temporal variation of the activity of intermediate and deep focus earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 84, 3589 - 3595.
- Barazangi, M., & Isacks, B.L., (1979). subduction of the Nazca plate beneath Peru: evidences from spatial distribution of earthquakes, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 57, 537-555.
- Bellido B. Geología del Cuadrángulo de Moquegua Hoja 35-u (Boletín N° 15- Carta Geológica Nacional- INGENMET), 1979.
- Boletín N° 23, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N°1. INGEMMET, Lima-Perú, Dic. 2000.
- Cantos Figuerola J. Geofísica Aplicada Edit. Omega, Barcelona 1976.
- Comte, D., Roecker, S.W, & Suárez, G., (1994). Velocity structure in northern Chile: evidence of subducted oceanic crust in the Nazca plate, *Geophys. J. Int.*, 117, 625-629.
- Dobrin M.B. Introducción a la Prospección Geofísica Ed. Omega. Barcelona 1969.
- Engdahl, R., Van der Hilst, R., & Buland, R., (1997). Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 1998.
- Grange, F., Hatzfeld, D., Cunningham, P., Molnar, P., Roecker, S.W., Suárez, G., Rodríguez, A. & Ocola, L., (1984). Tectonic implications of the microearthquake seismicity and faultly plane solutions in southern Peru and their implications, *J. Geophys. Res.*, 89, 6139-6152.
- Griffiths D.H. King R.F. Geofísica Aplicada para Ingenieros y Geólogos. Ed. Paraninfo Madrid. 1972.
- Gutenberg, B., & Richter, C., (1954). Seismicity of the Earth and associated phenomena, Princeton University Press, New Jersey, 2 Ed., 310p.
- James, D. E., (1971). Plate tectonic model for the evolution of the central Andes, *Geological Soc. Amer. Bull.*, 82, 3325-3346.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona San José de Uzuña. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona Cutanayo Pochi. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona de Chalhuanca. Arequipa. Noviembre 1991.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona de Bamputañe. Arequipa. 1992, Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Mjnaya L. y otros Estudio de Refracción Sísmica de La Joya-Arequipa. Agosto 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Mjnaya L. Estudio de Refracción Sísmica del Sector Cerro Muyorco Reservorio R-13 Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica y Geoeléctrico del Sector San Sebastián, Reservorio R- 10 Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994.

- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica y Geoeléctrico del Sector Kenkoro Pata, Reservorio R- 12 en el Distrito de San Jeronimo Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994.
- Kosaka M. Soto V. Palza A-B. Minaya L. Estudio Geofísico en las Lagunas de Comerccocha y Senejillayoc. Región Inka Arequipa Junio 1995.
- Minaya, A., Lazo, M., Ticona, J., Escalante, C., Aguilar, V., Berrocal, J., & Fernández, C., (2000). Earthquake Hazard Assessment in the Southern Peru (13o S - 18.5o S). 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro - Brasil.
- Narvaez S. Geología del Cuadrángulo de Ilo y Locumba Hoja 36-t y 36-u (Boletín N° 7-Carta Geológica Nacional- INGENMET), 1964.
- Parasnis D.S. Principios de Geofísica Aplicada. Paraninfo. Madrid. España 1971.
- Resumen Ejecutivo. Planes de Mitigación de los Efectos producidos por los Desastres Naturales, Programa de Ciudades Sostenibles-I Etapa. Lima, octubre, 2000.
- Ticona, J., Minaya, A., Lazo, M., Escalante, C., Aguilar, V., Berrocal, J., & Fernández, C.,(2000). Recent Large destructed earthquakes occurred in Arequipa, Southern Peru, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro - Brasil.
- Zavala C. Nuñez J. Estudio Geológico – Geotécnico de la Región SurOccidental del Perú (Boletín N° 22-INGENMET), Lima, setiembre 1999.

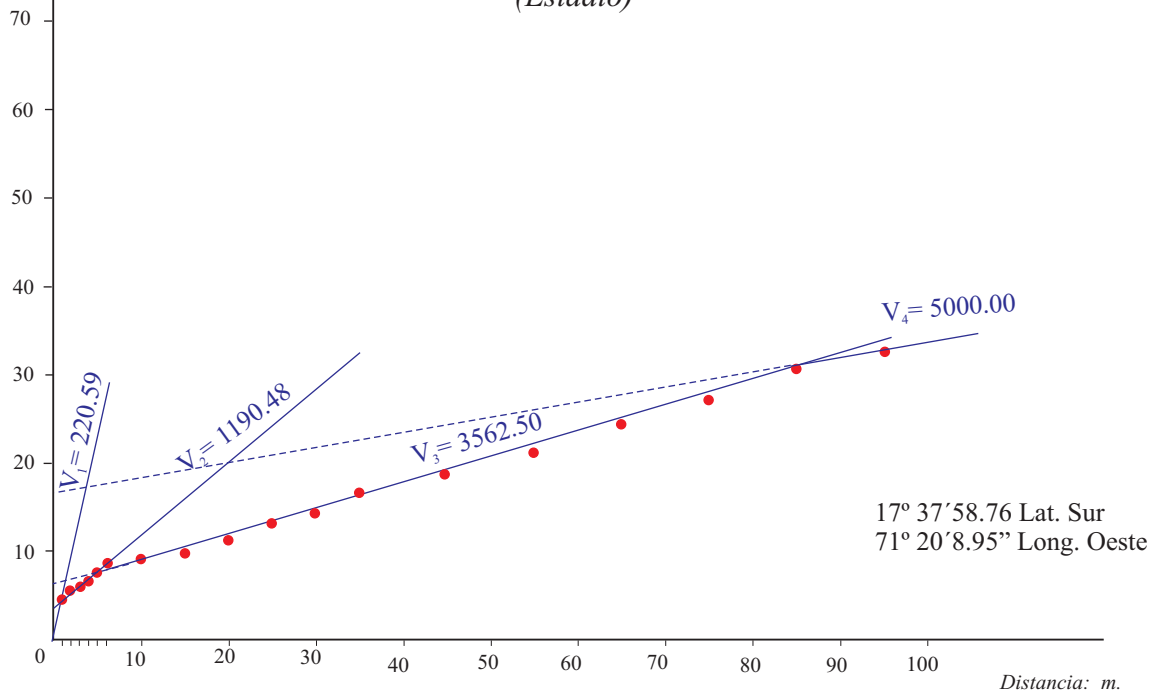
ANEXOS

A. LISTA DE PERFILES SISMICOS

1. Perfil sísmico (Urb. Garibaldi-Estadio)
2. Perfil sísmico (Urb. Garibaldi-Estadio)
3. Perfil sísmico (Urb. Pacocha-Ciudad Nueva)
4. Pampa Inalámbrica (Brisas III)
5. Pampa Inalámbrica (Villa Fujimori)
6. Pampa Inalámbrica (Villa Fujimori)
7. Pampa Inalámbrica (Villa Paraiso)
8. Pampa Inalámbrica (Villa Paraiso)
9. Pampa Inalámbrica (Los Angeles)
10. Pampa Inalámbrica (Nueva Victoria)
11. Pampa Inalámbrica (Tren al Sur)
12. Pampa Inalámbrica (Ampliación)
13. Pampa Inalámbrica (Ampliación 24 de Octubre)
14. Pampa Inalámbrica (Nuevo Ilo Habitat)
15. Pampa Inalámbrica (Ampliación Nuevo Ilo)
16. Pampa Inalámbrica (Colegio Miguel Gráu)
17. Pampa Inalámbrica (AA: HH. 24 de Octubre)
18. Pampa Inalámbrica (BETESDA)
19. Pampa Inalámbrica (ENACE)
20. Pampa Inalámbrica (Reservorio de Agua)
21. Ceticos Ilo

Tiempo:
mseg.

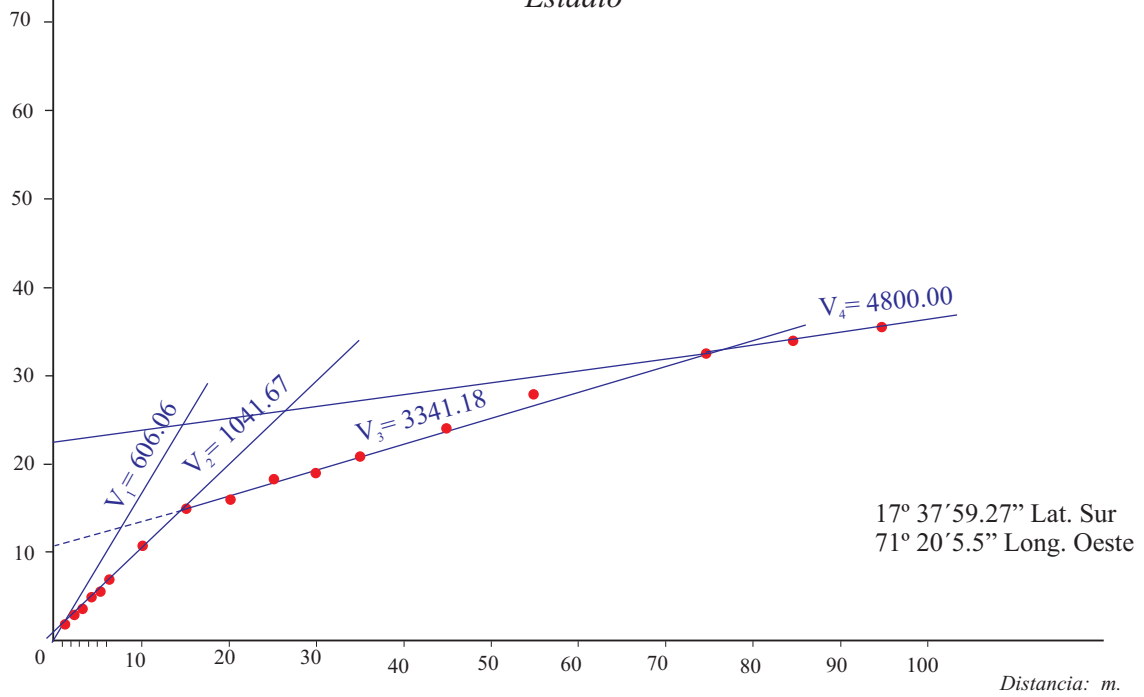
URB. GARIBALDI
(Estadio)



Perfil de Refracción Sísmica 01

Tiempo:
mseg.

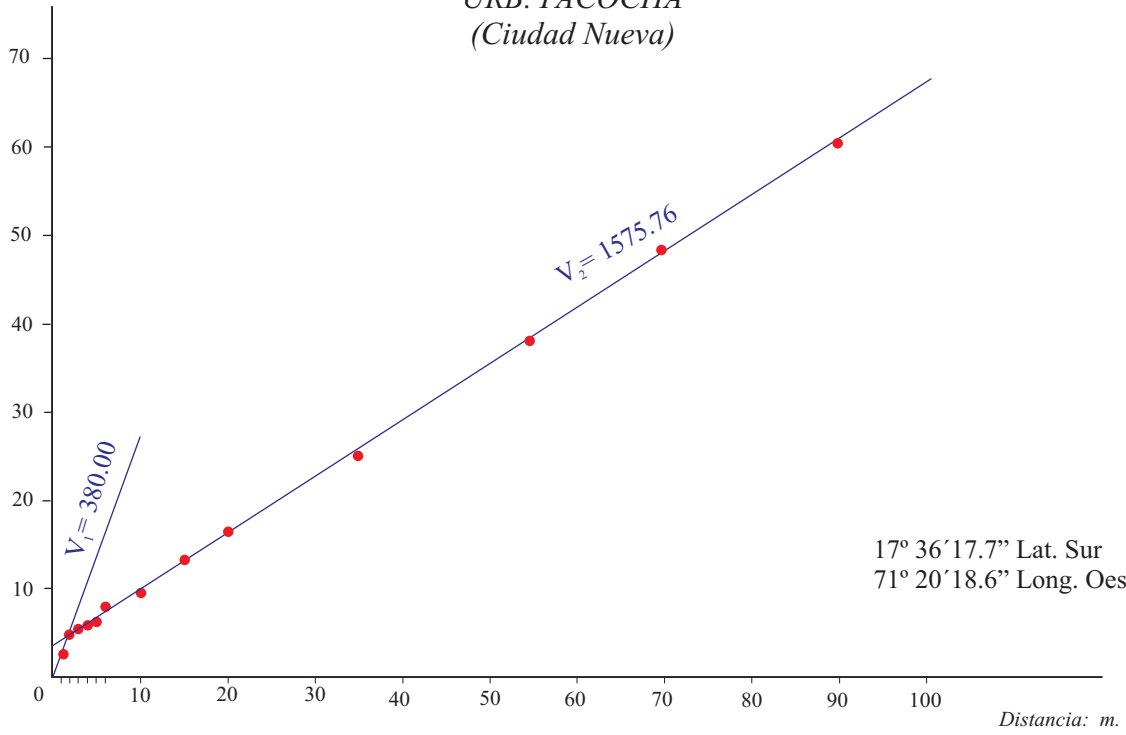
URB. GARIBALDI
Estadio



Perfil de Refracción Sísmica 02

Tiempo:
mseg.

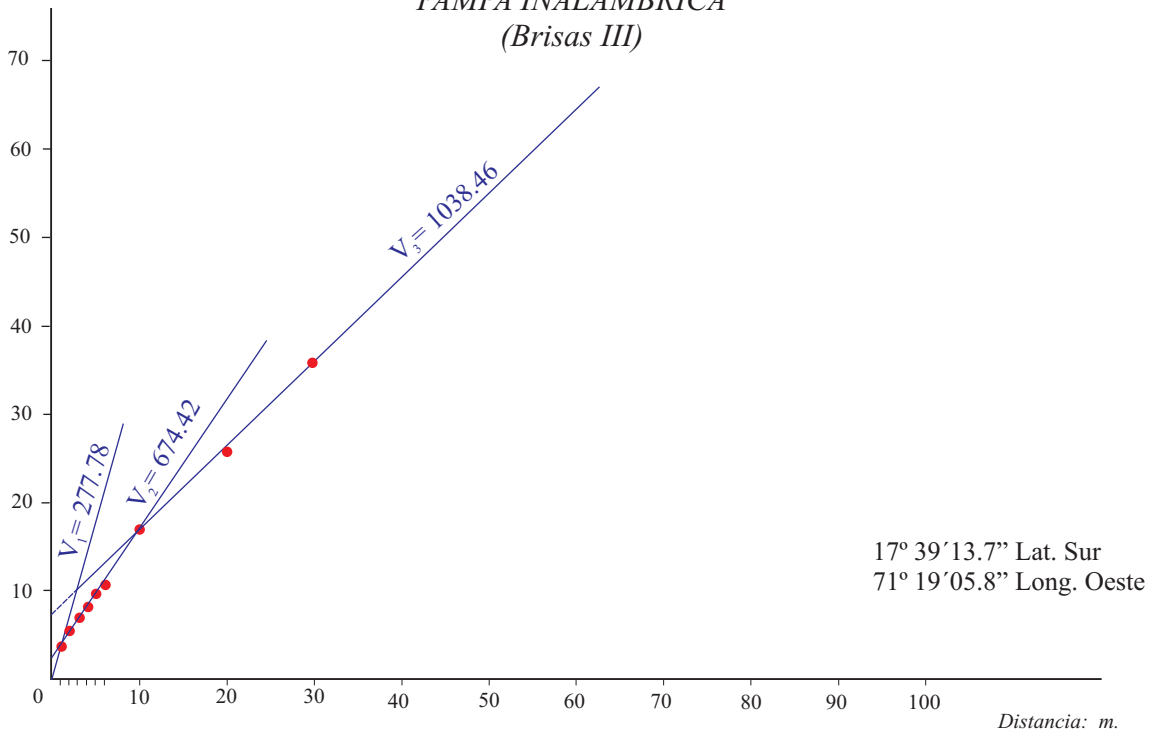
URB. PACOCHA
(Ciudad Nueva)



Perfil de Refracción Sísmica 03

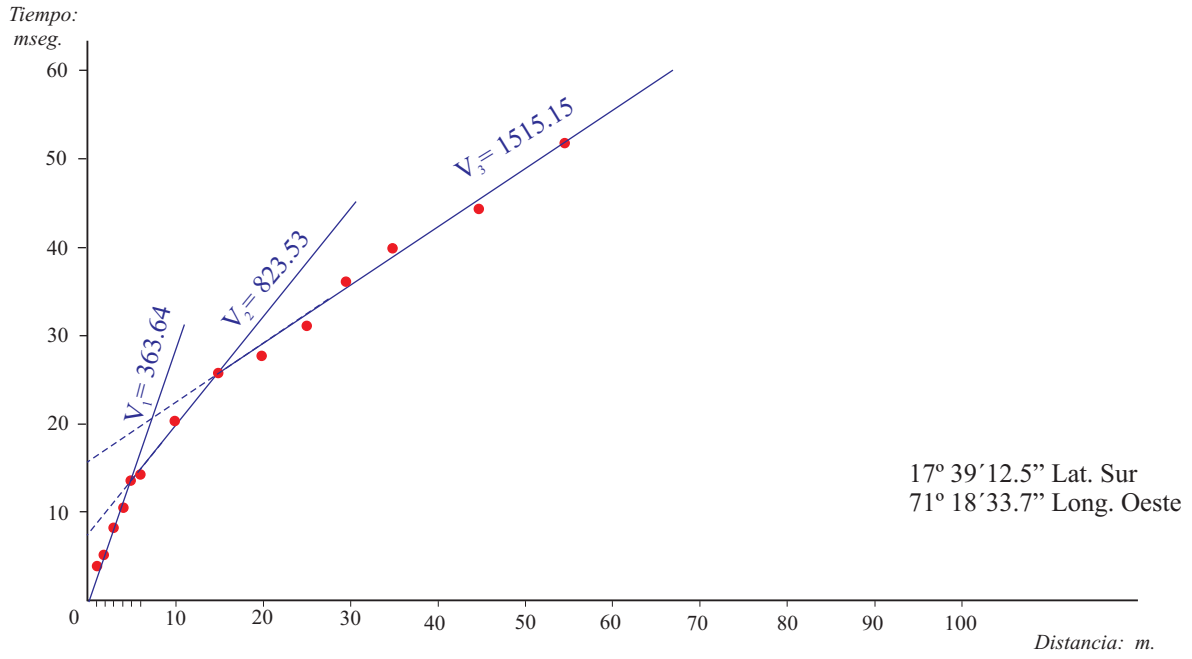
Tiempo:
mseg.

PAMPA INALAMBRICA
(Brisas III)

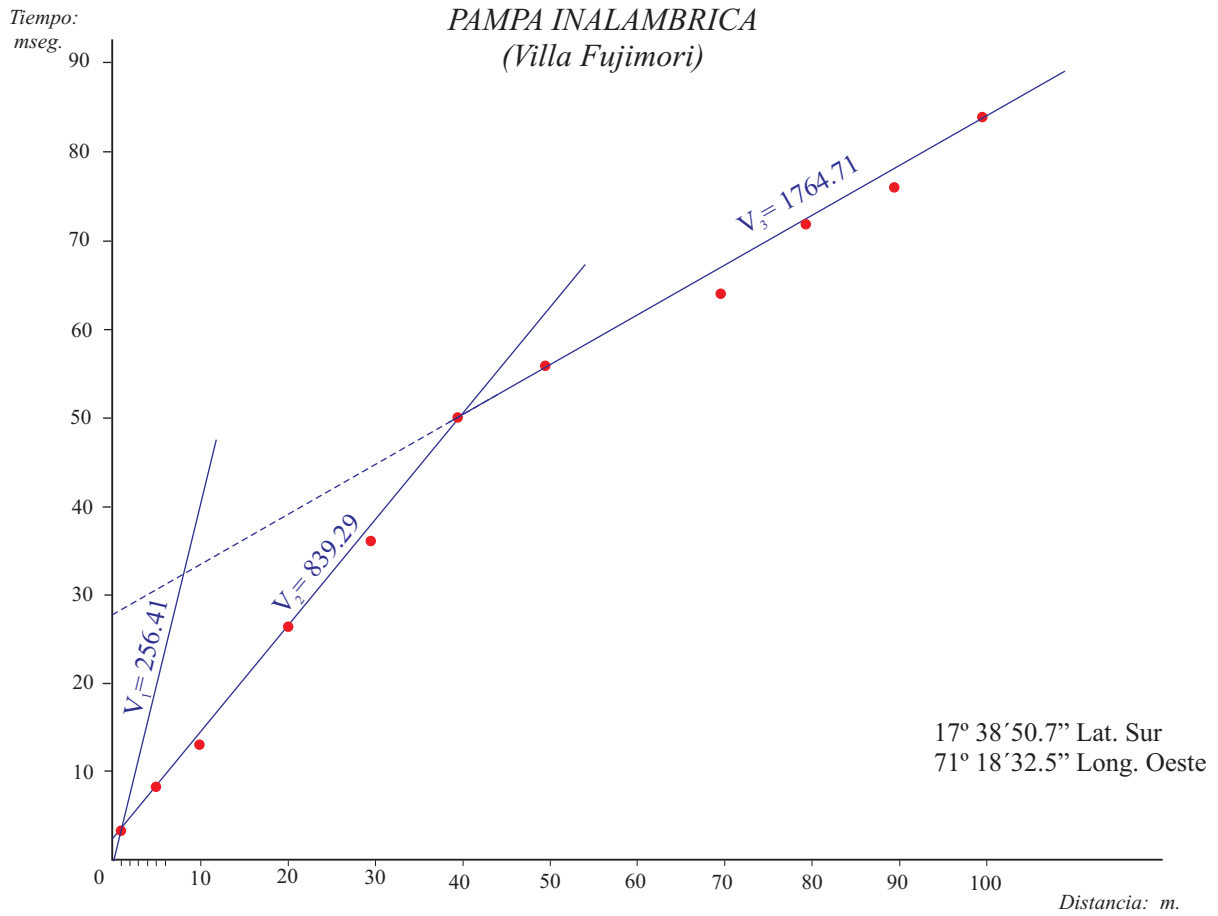


Perfil de Refracción Sísmica 04

PAMPA INALAMBRICA
(Villa Fujimori)

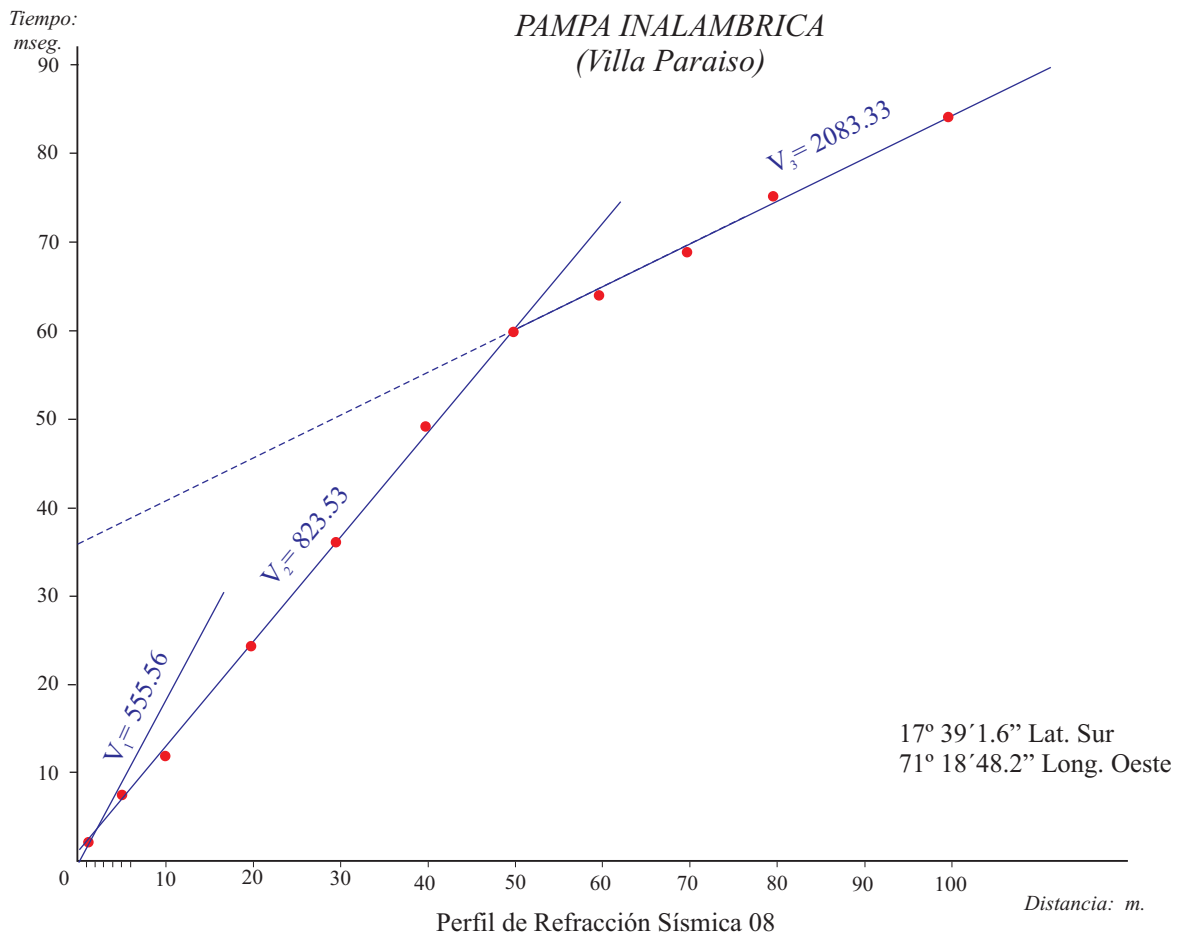
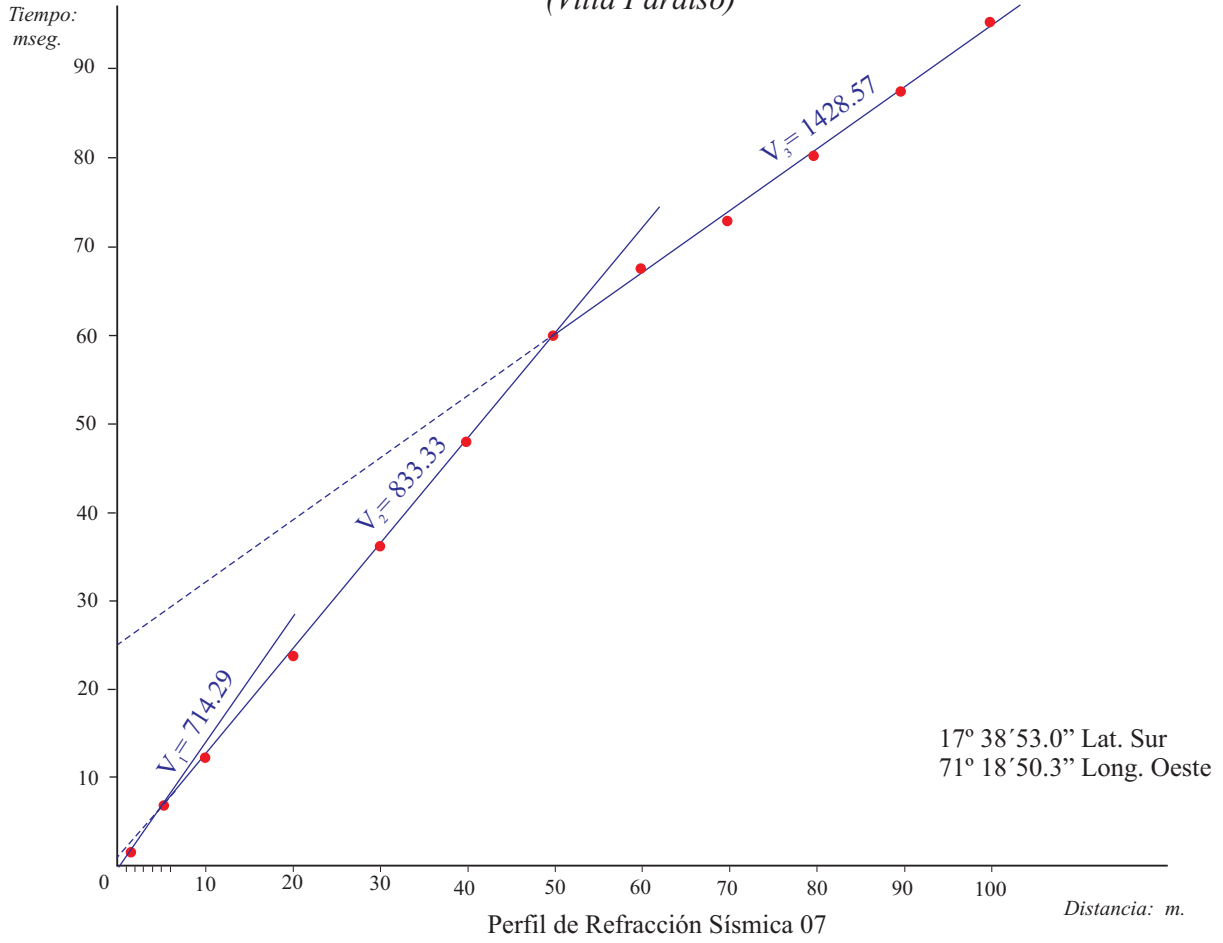


Perfil de Refracción Sísmica 05

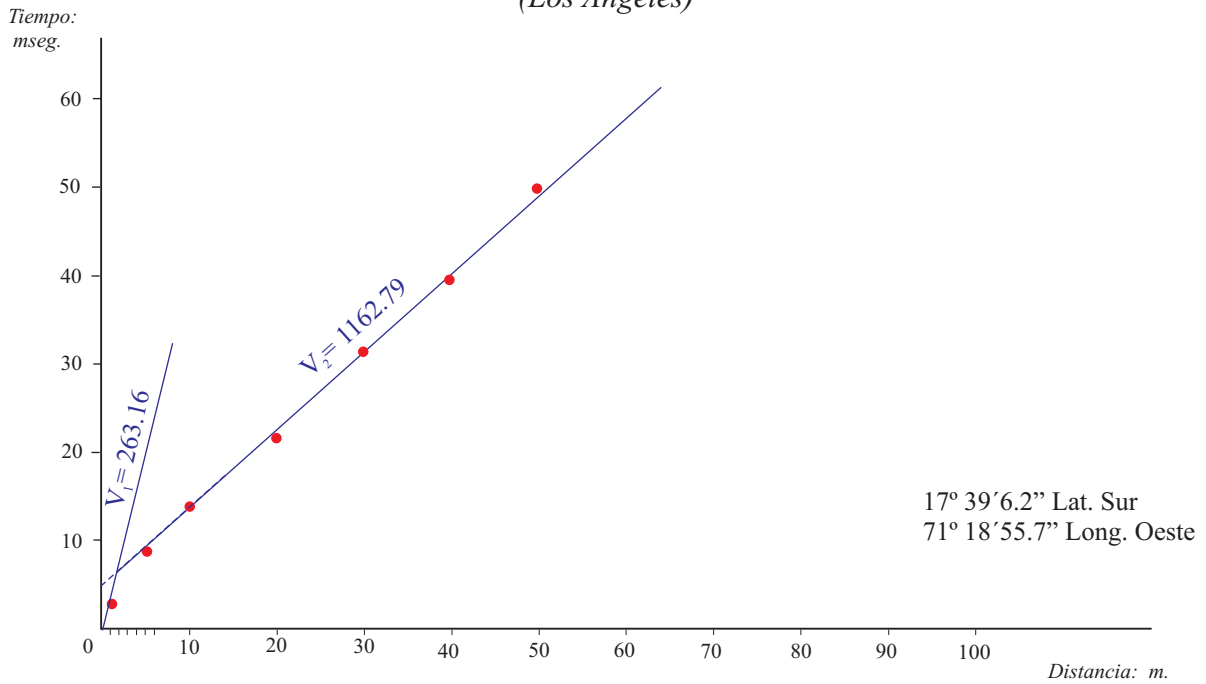


Perfil de Refracción Sísmica 06

PAMPA INALAMBRICA
(Villa Paraiso)

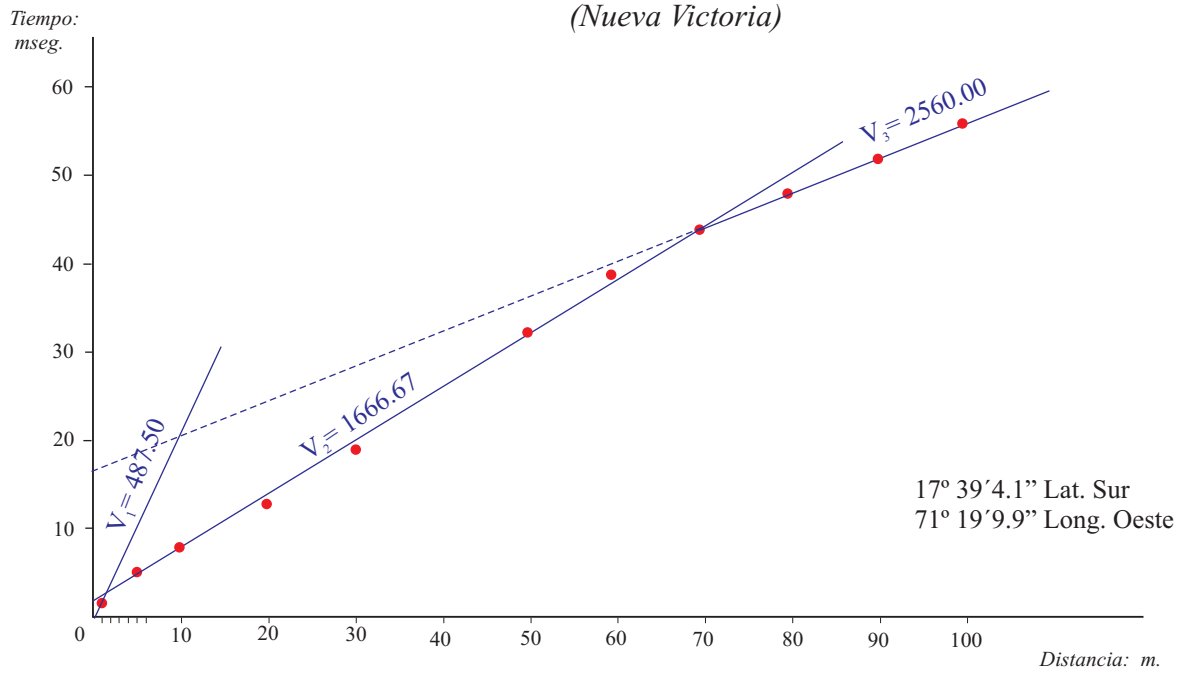


PAMPA INALAMBRICA
(Los Angeles)



Perfil de Refracción Sísmica 09

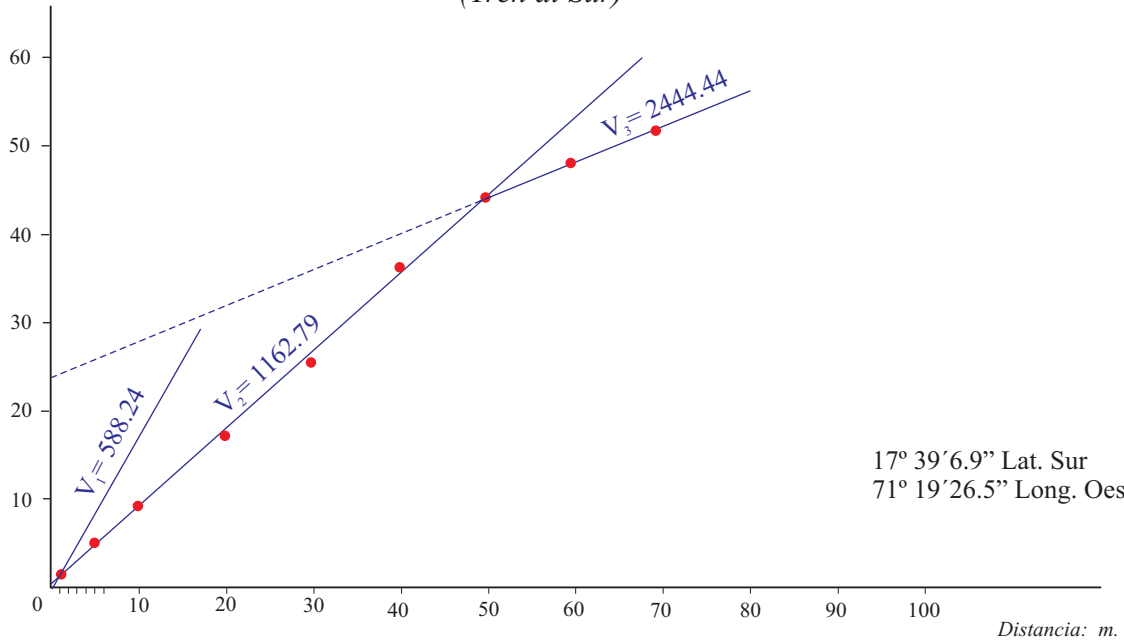
PAMPA INALAMBRICA
(Nueva Victoria)



Perfil de Refracción Sísmica 10

Tiempo:
mseg.

PAMPA INALAMBRICA (Tren al Sur)

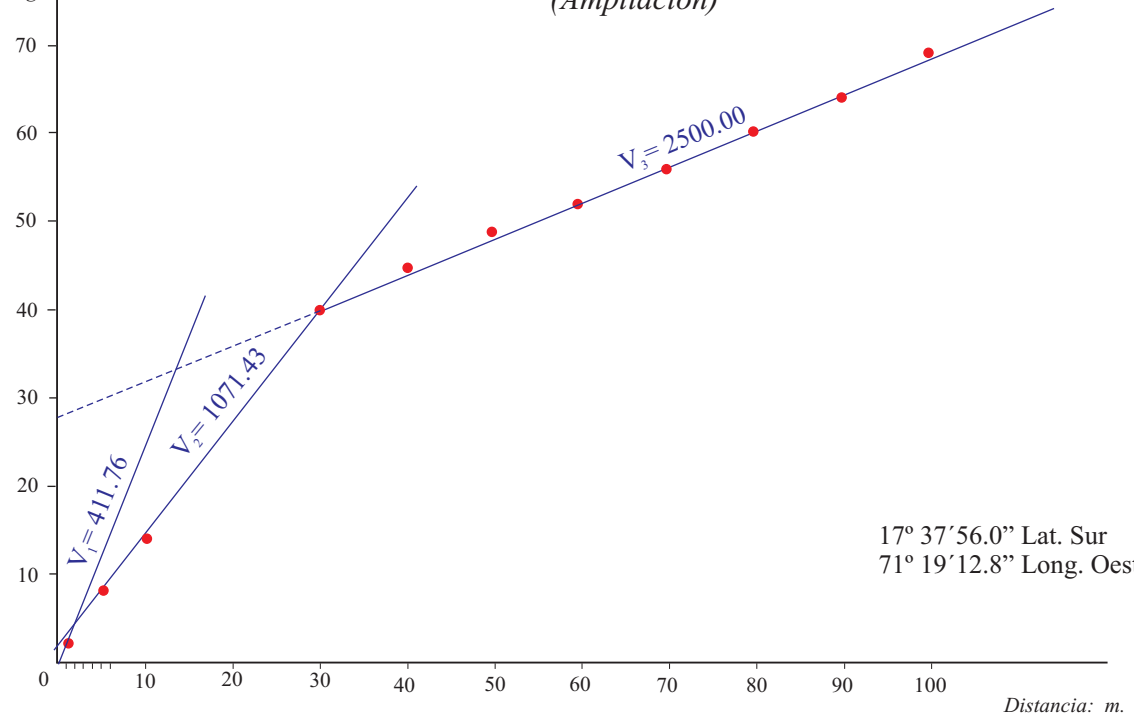


17° 39' 6.9" Lat. Sur
71° 19' 26.5" Long. Oeste

Perfil de Refracción Sísmica 11

Tiempo:
mseg.

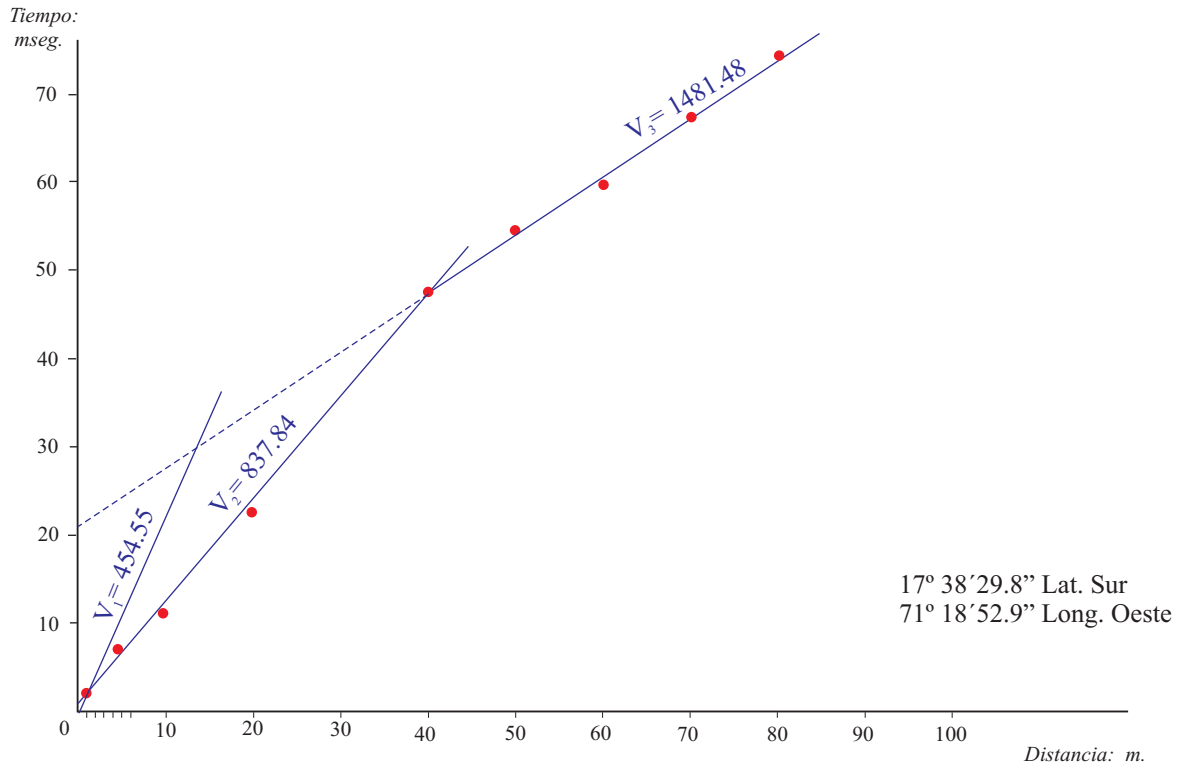
PAMPA INALAMBRICA (Ampliación)



17° 37' 56.0" Lat. Sur
71° 19' 12.8" Long. Oeste

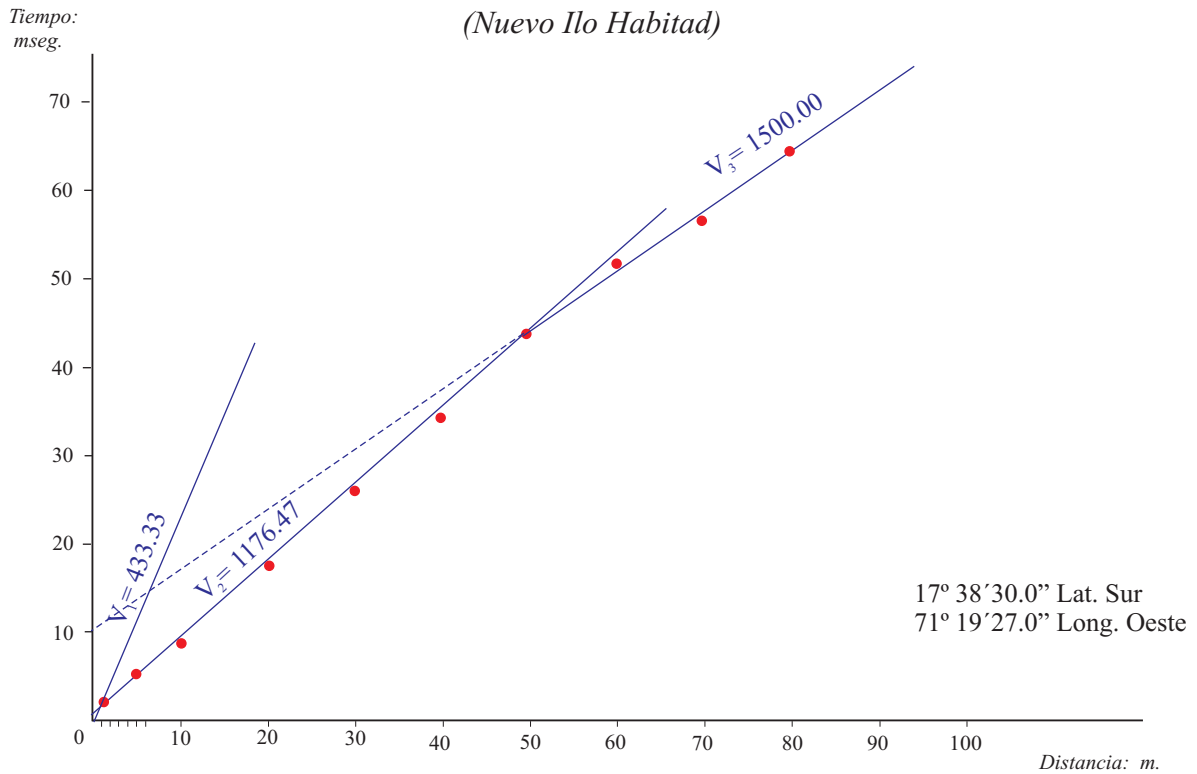
Perfil de Refracción Sísmica 12

PAMPA INALAMBRICA
(Ampliación 24 de Octubre)



Perfil de Refracción Sísmica 13.

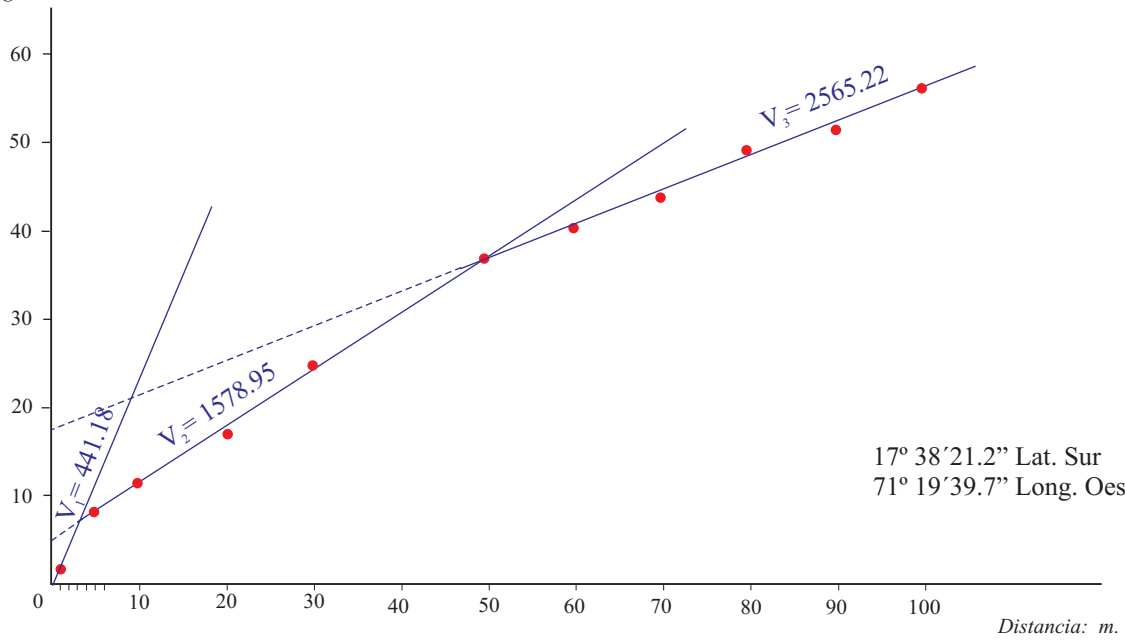
PAMPA INALAMBRICA
(Nuevo Ilo Habitar)



Perfil de Refracción Sísmica 14

*PAMPA INALAMBRICA
(Ampliación Nuevo Ilo)*

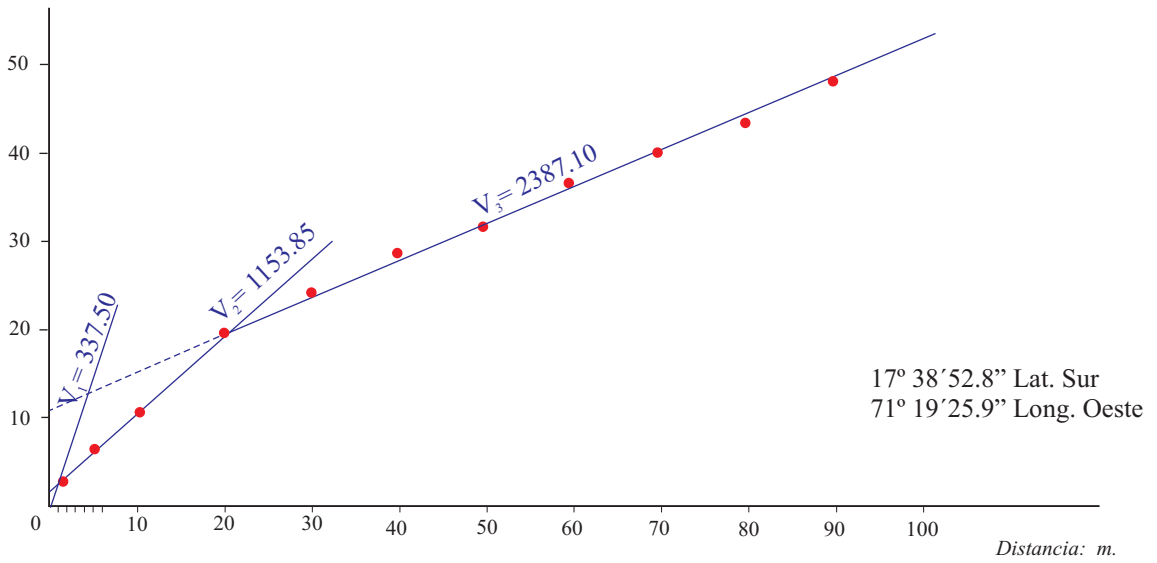
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 15

*PAMPA INALAMBRICA
(Colegio Miguel Gráu)*

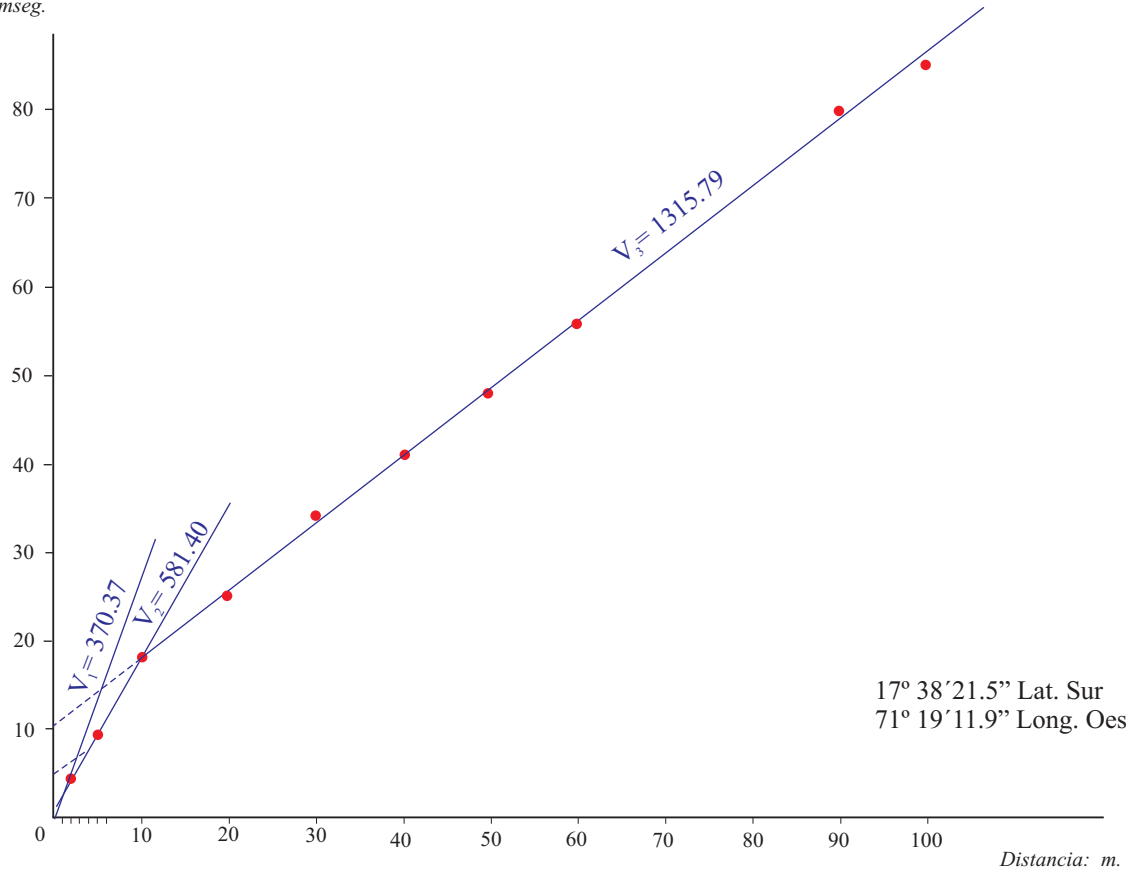
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 16

PAMPA INALAMBRICA
(AA.HH. 24 de Octubre)

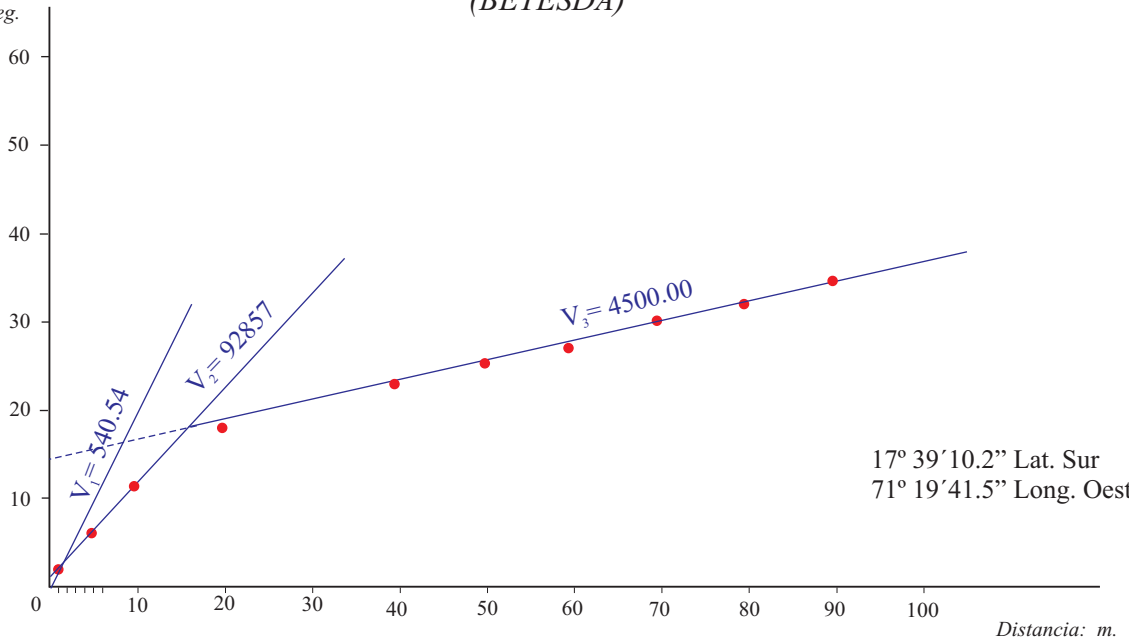
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 17

PAMPA INALAMBRICA
(BETESDA)

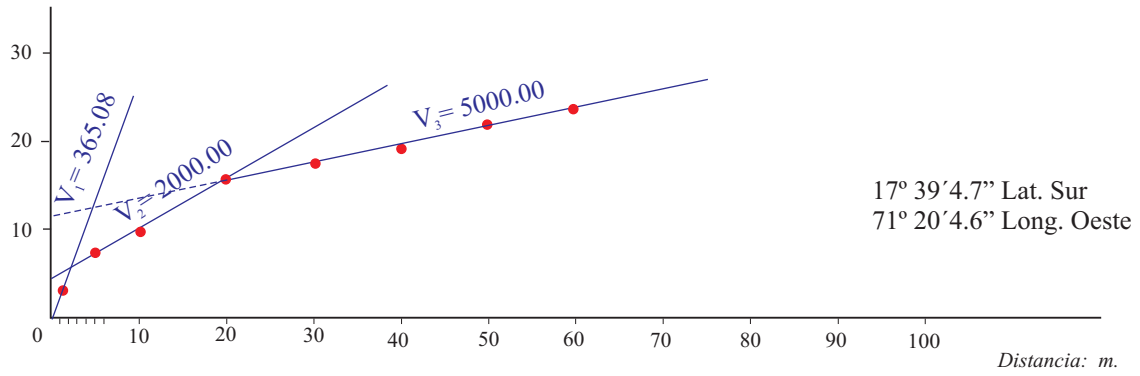
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 18

*PAMPA INALAMBRICA
(ENACE)*

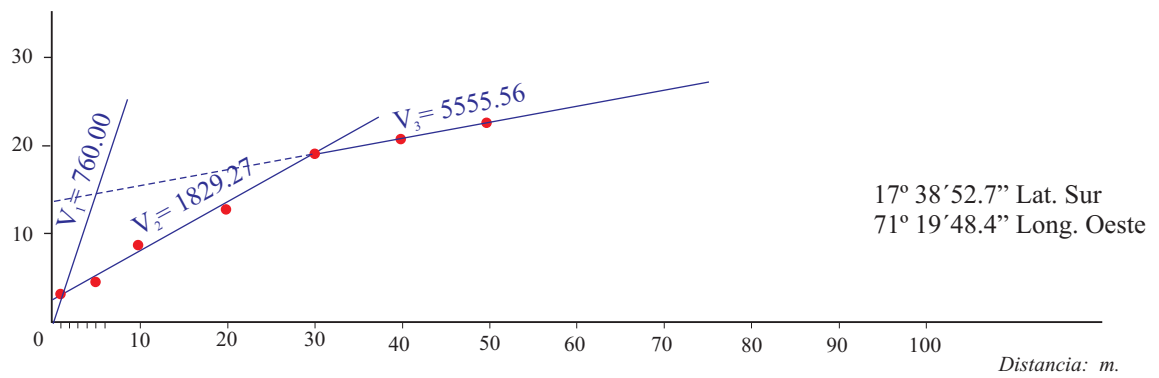
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 19

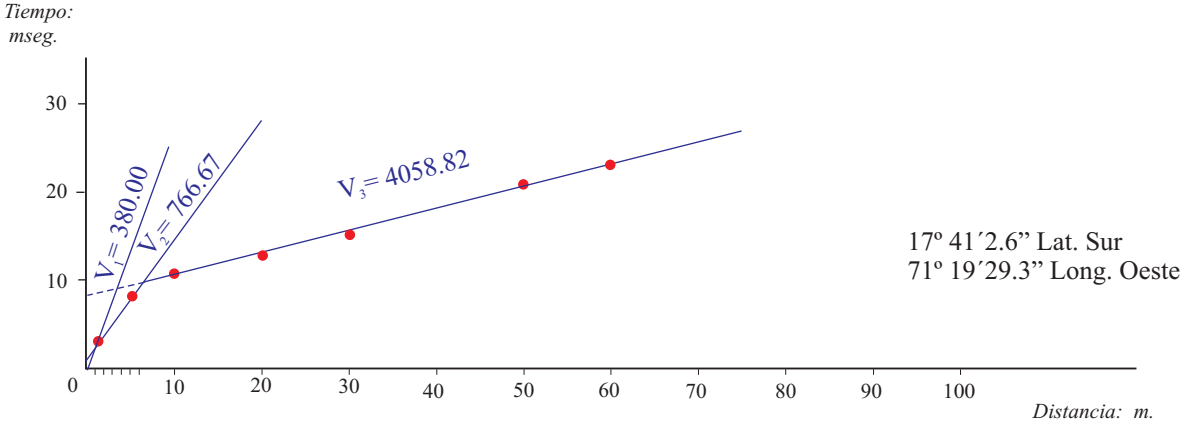
*PAMPA INALAMBRICA
(Reservorio de Agua)*

Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 20

CETICOS ILO



Perfil de Refracción Sísmica 21

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

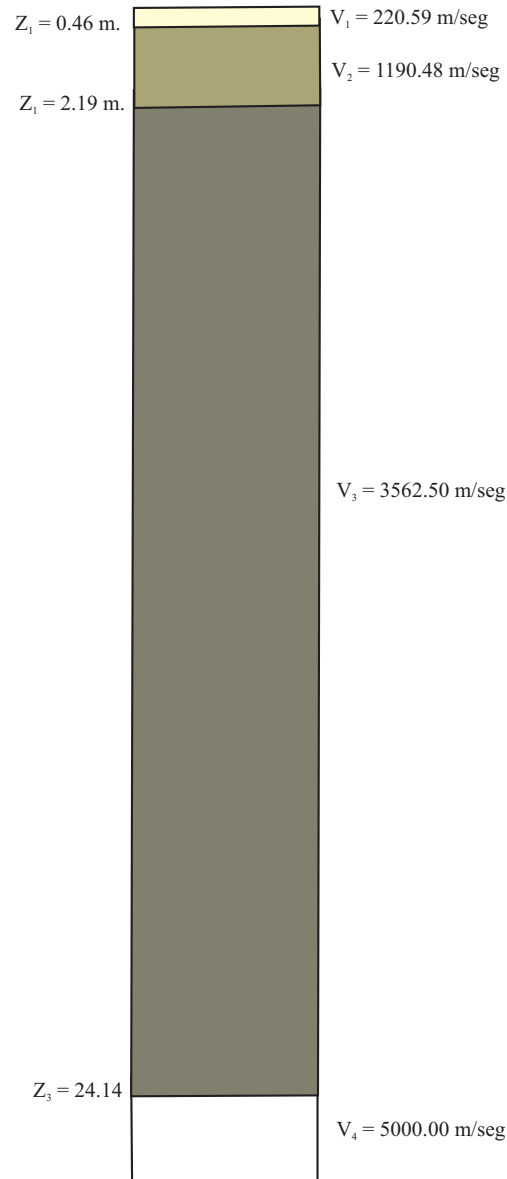
1. COLUMNA SISMICA (GARIBALDI-PACCOCHA)
 - Urb. Garibaldi-Estadio)
 - Urb. Garibaldi-Estadio)
 - Urb. Pacocha-Ciudad Nueva

- 2^a. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica-Brisas III
 - Pampa Inalámbrica-Villa Fujimori

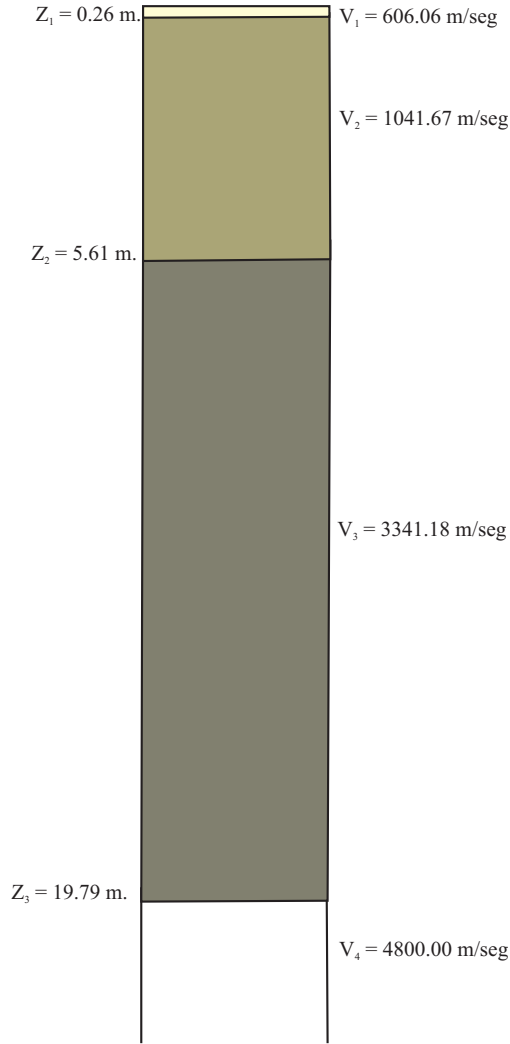
- 2b. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica-Villa Fujimori
 - Pampa Inalámbrica-Villa Paraíso

- 2c. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica-Villa Paraíso
 - Pampa Inalámbrica-Los Angeles
 - Pampa Inalámbrica-Nueva Victoria
- 2d. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica-Tren al Sur
 - Pampa Inalámbrica-Ampliación
 - Pampa Inalámbrica-Ampliación 24 de Octubre
- 2e. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica – Nuevo Ilo Habidad
 - Pampa Inalámbrica – Ampliación Nuevo Ilo
- 2f. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica – Colegio Miguel Graú
 - Pampa Inalámbrica – AA.HH. 24 de Octubre
- 2g. COLUMNA SISMICA, PAMPA INALAMBRICA
 - Pampa Inalámbrica – BETESDA
 - Pampa Inalámbrica – ENACE
 - Pampa Inalámbrica – Reservorio de Agua
3. COLUMNA SISMICA
 - Ceticos-Ilo

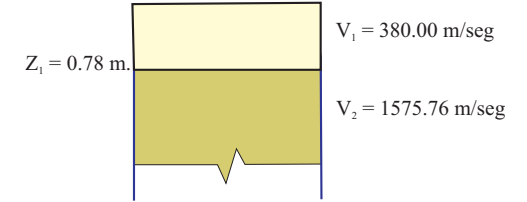
Urb. Garibaldi - Estadio
PRS 01



Urb. Garibaldi - Estadio
PRS 02



Urb. Pacocha - Ciudad Nueva
PRS 03



**Leyenda
Pacocha**

- Material aluvial areno gravoso
- Material areno gravoso algo más compacto

**Leyenda
Garibaldi**

- Material arenoso acompañado de conchuelas
- Material arenoso con conchuelas algo más compacto
- Material rocoso algo fracturado
- Material rocoso sin alteración

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



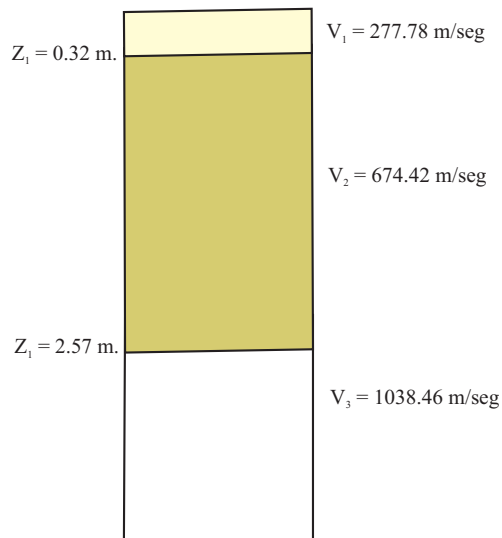
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
GARIBALDI - PACOCHA

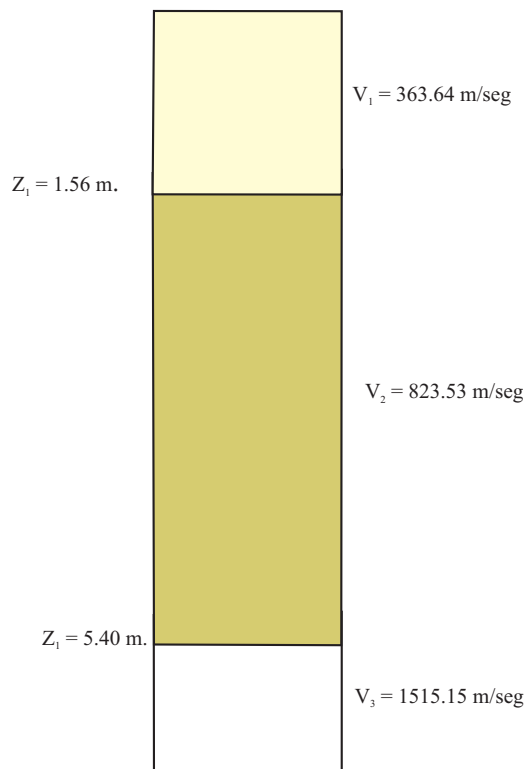
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 01




Pampa Inalámbrica - Brisas III
PRS 04



Pampa Inalámbrica - Villa Fujimori
PRS 05



Leyenda
Pampa Inalámbrica

-  Material arenoso y arenas ligeramente compactas
-  Material arenosos algo compacto con pequeños guijarros
-  Material arenoso con guijarros más compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

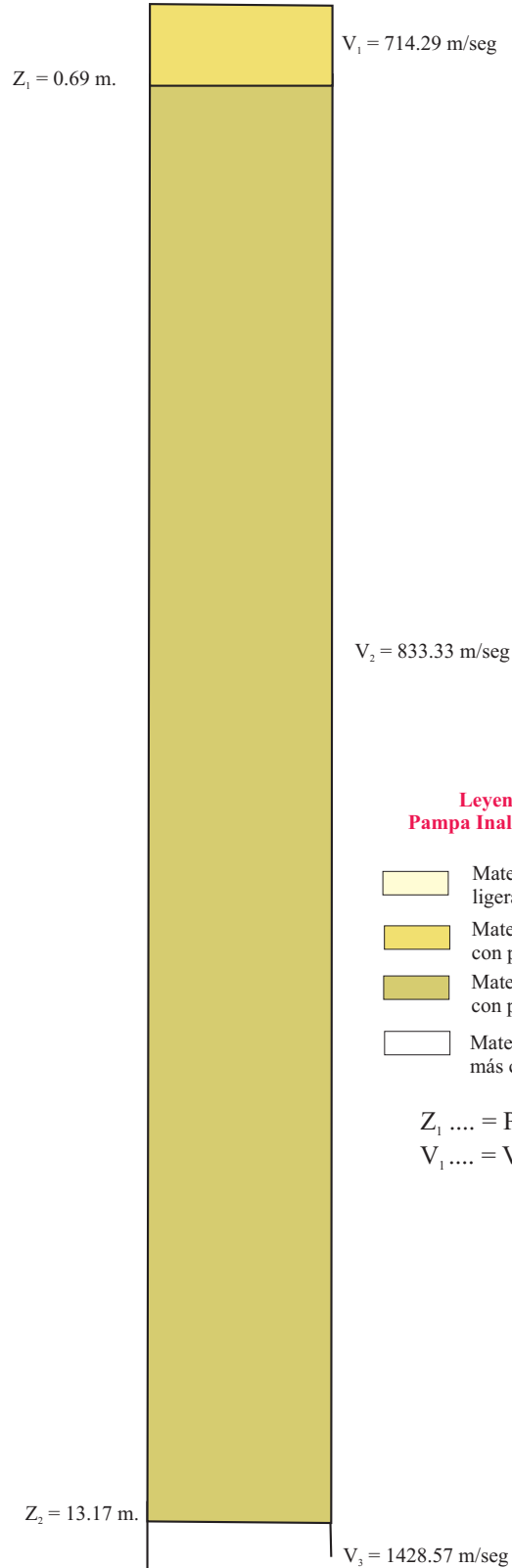
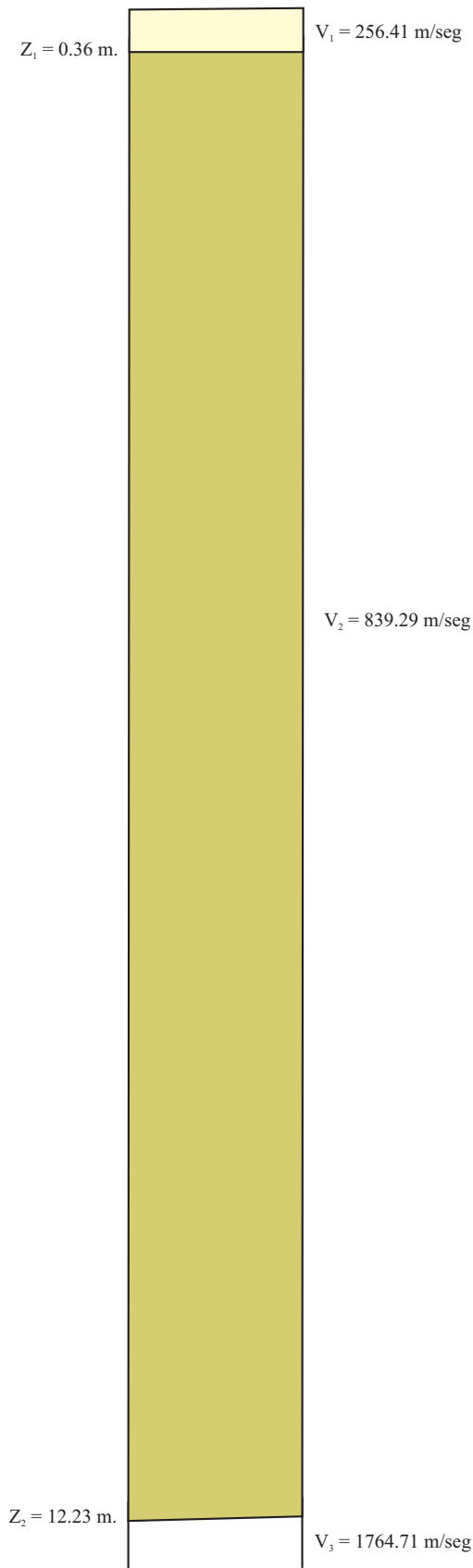
COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA

Fecha: setiembre, 2001





Fig. N° 2a

Pampa Inalámbrica - Villa Fujimori
PRS 06

Pampa Inalámbrica - Villa Paraíso
PRS 07



Leyenda
Pampa Inalámbrica

-  Material arenoso y arenas ligeramente compactas
-  Material arenosos algo compacto con pequeños guijarros
-  Material arenosos algo más compacto con pequeños guijarros
-  Material arenoso con guijarros más compacto

$Z_1 \dots = \text{Profundidad}$

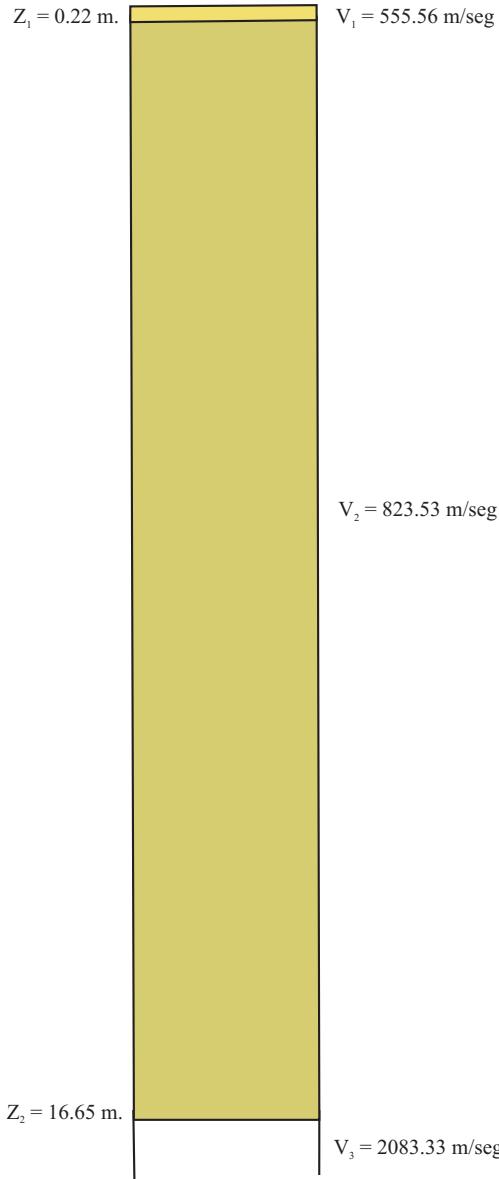
$V_1 \dots = \text{Velocidad}$



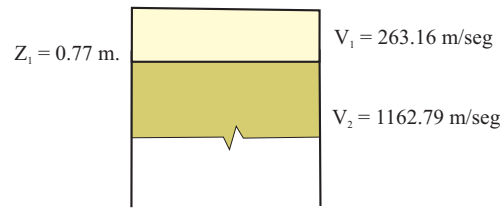
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA

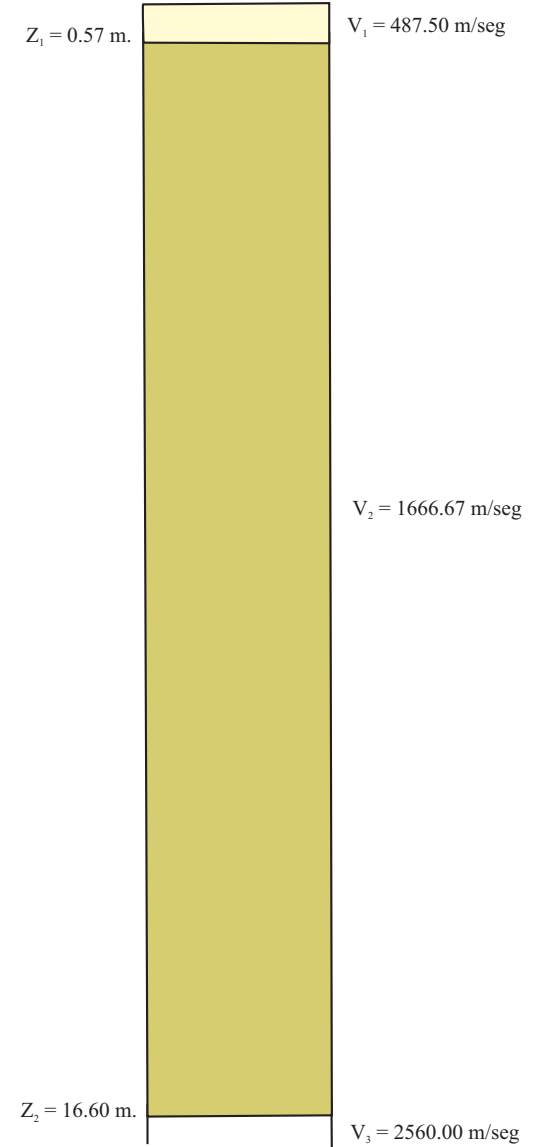
Pampa Inalámbrica - Villa Paraiso
PRS 08



Pampa Inalámbrica - Los Angeles
PRS 09



Pampa Inalámbrica - Nueva Victoria
PRS 10



Leyenda
Pampa Inalámbrica

- Material arenoso y arenas ligeramente compactas
- Material arenoso algo compacto con pequeños guijarros
- Material arenoso algo más compacto con pequeños guijarros
- Material arenoso con guijarros algo más compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad
 $V_1 \dots =$ Velocidad



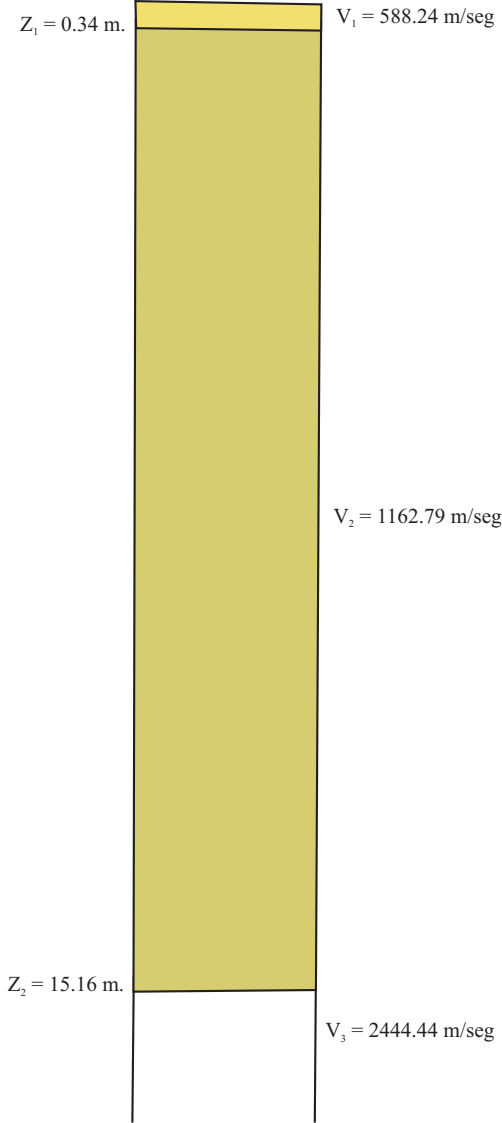
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA

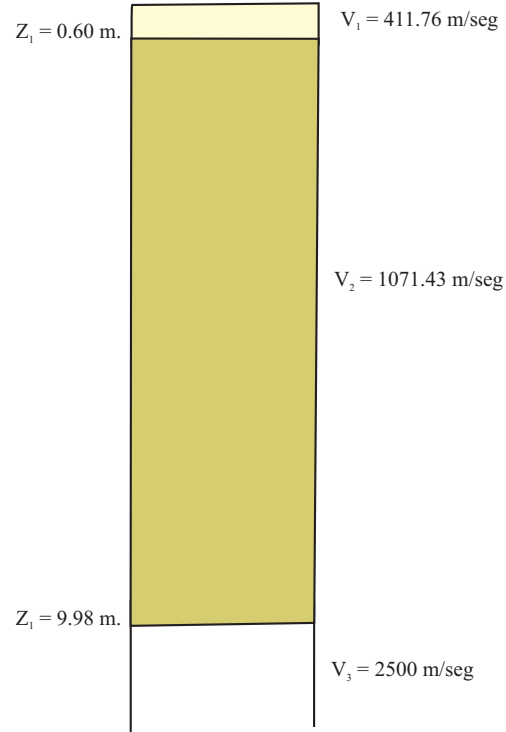
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2c

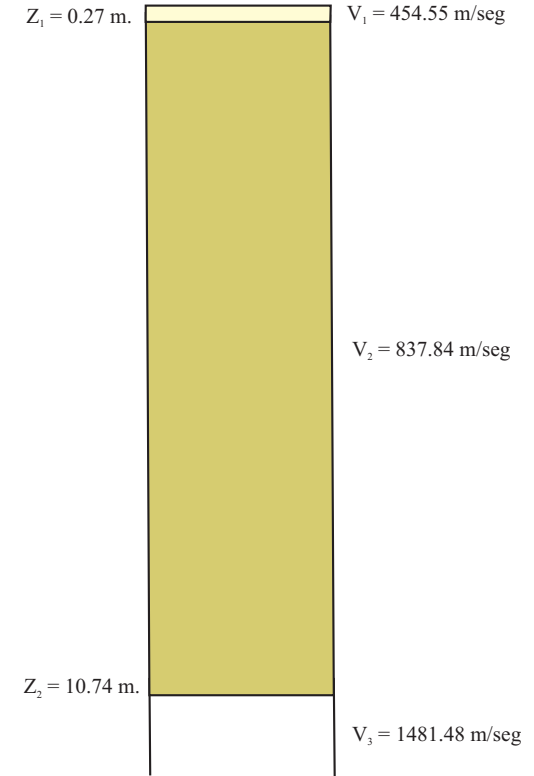
Pampa Inalámbrica - Tren al Sur
PRS 11



Pampa Inalámbrica - Ampliación
PRS 12



Pampa Inalámbrica - Ampliación 24 de Octubre
PRS 13



Leyenda
Pampa Inalámbrica

- Material arenoso y arenas ligeramente compactas
- Material arenoso algo compacto con pequeños guijarros
- Material arenoso algo más compacto con pequeños guijarros
- Material arenoso con guijarros algo más compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad
 $V_1 \dots =$ Velocidad



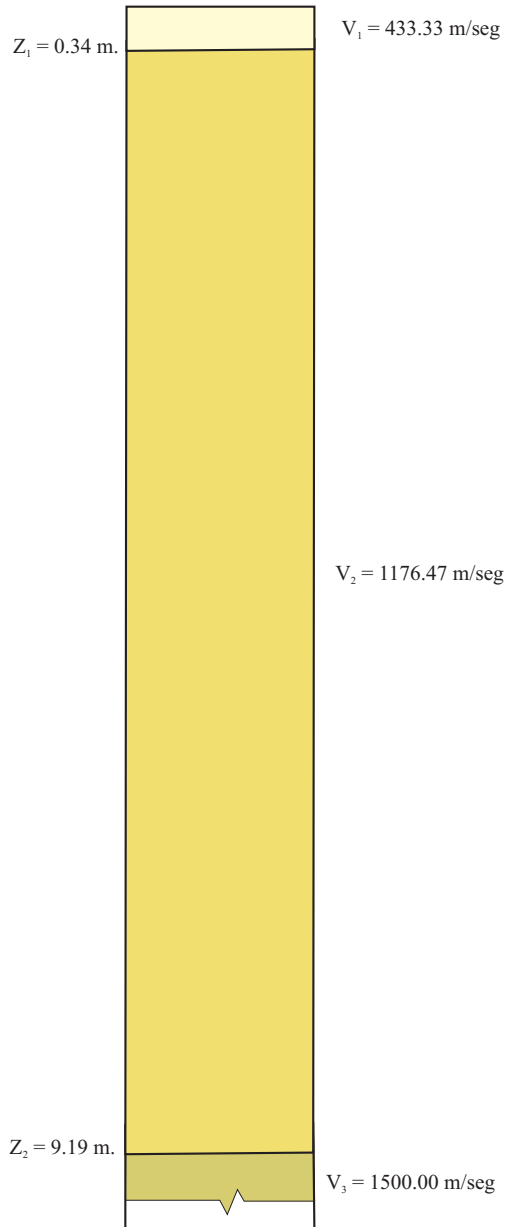
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA

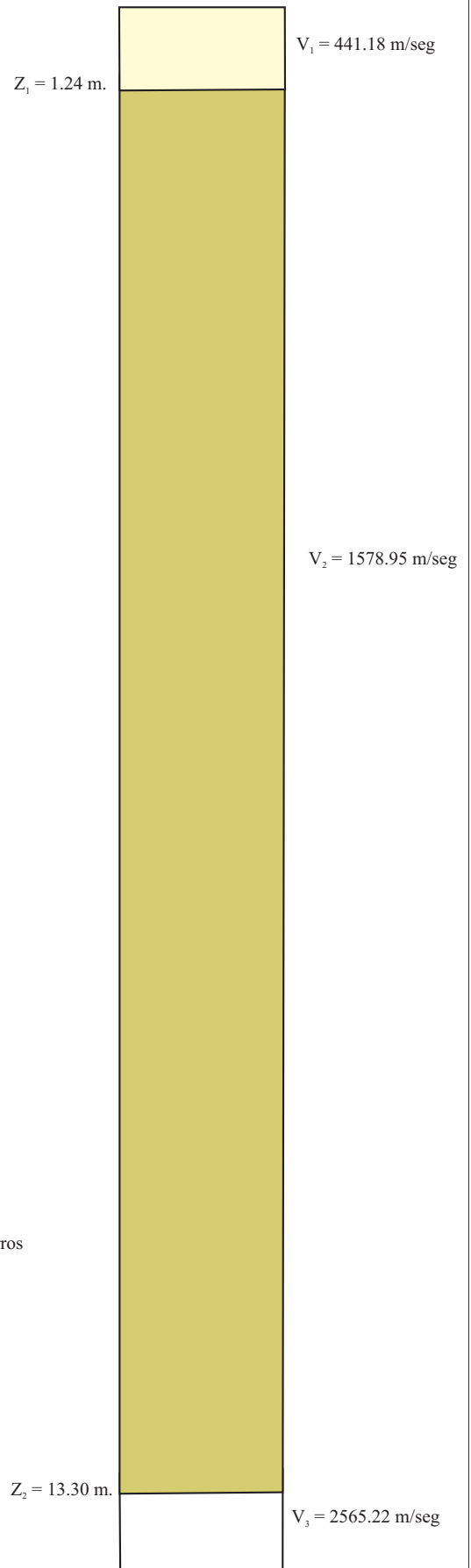
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2d





Pampa Inalámbrica - Nuevo Ilo Habilidad
PRS 14



Pampa Inalámbrica - Ampliación Nuevo Ilo
PRS 15



Leyenda
Pampa Inalámbrica

-  Material arenoso y arenas ligeramente compactas
-  Material arenoso algo compacto con pequeños guijarros
-  Material arenoso algo más compacto con pequeños guijarros
-  Material arenoso con guijarros algo más compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad

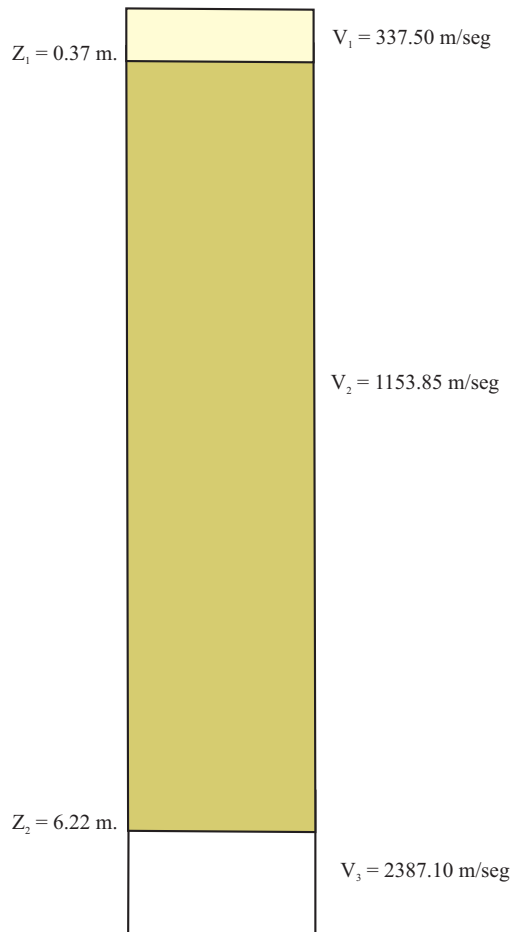
$V_1 \dots =$ Velocidad



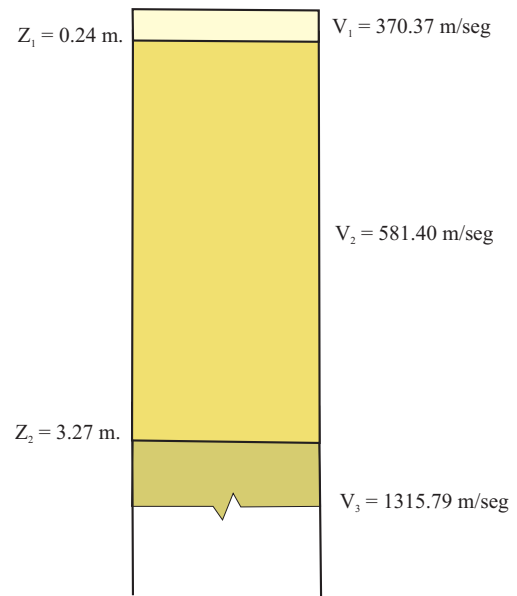
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA





Pampa Inalámbrica - Colegio Miguel Grau
PRS 16



Pampa Inalámbrica - AA.HH. 24 de Octubre
PRS 17



Leyenda
Pampa Inalámbrica

-  Material arenoso y arenas ligeramente compactas
-  Material arenoso algo compacto con pequeños guijarros
-  Material arenoso algo más compacto con pequeños guijarros
-  Material arenoso con guijarros algo más compacto

Z₁ = Profundidad

V₁ = Velocidad



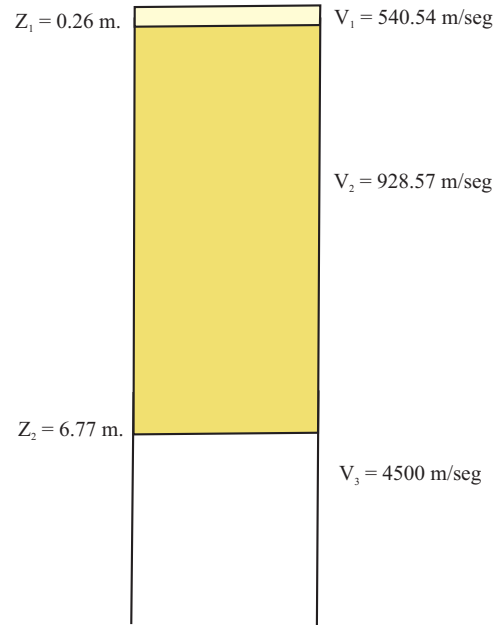
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA

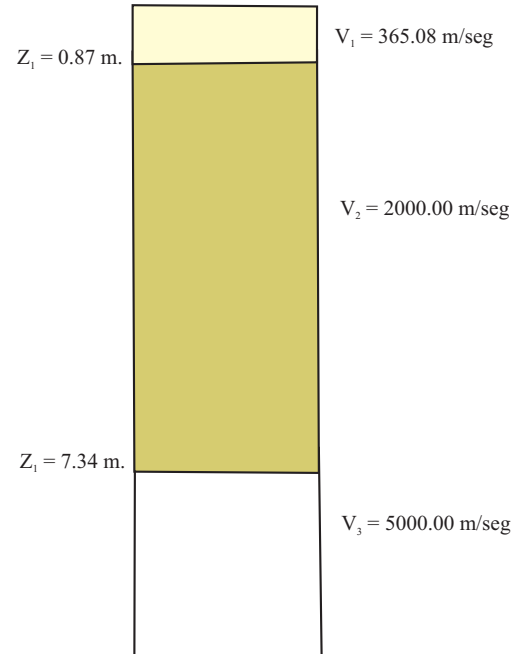
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2f

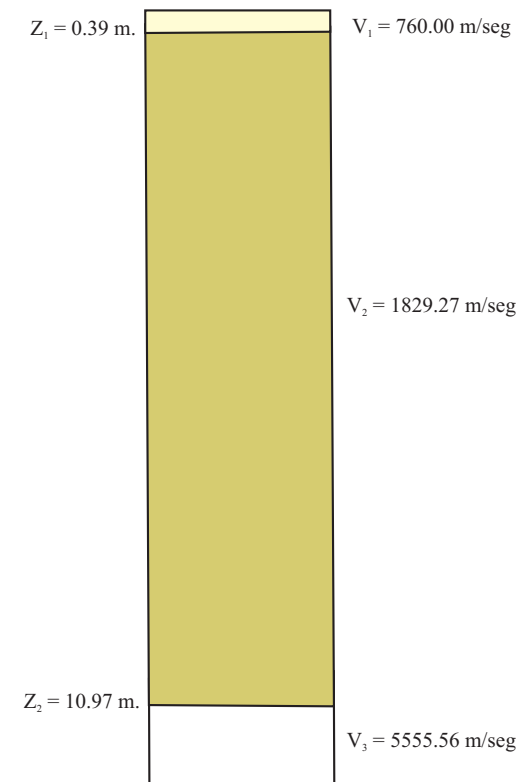
Pmapa Inalámbrica - BETESDA
PRS 18



Pampa Inalámbrica - ENACE
PRS 19



Pampa Inalámbrica- Reservoirio de Agua
PRS 20



Leyenda
Pampa Inalámbrica

- Material arenoso con guijarros no consolidados
- Material arenoso con guijarros algo más compacto
- Material rocoso algo fraturado
- Material rocoso no alterado

$Z_1 \dots$ = Profundidad

$V_1 \dots$ = Velocidad



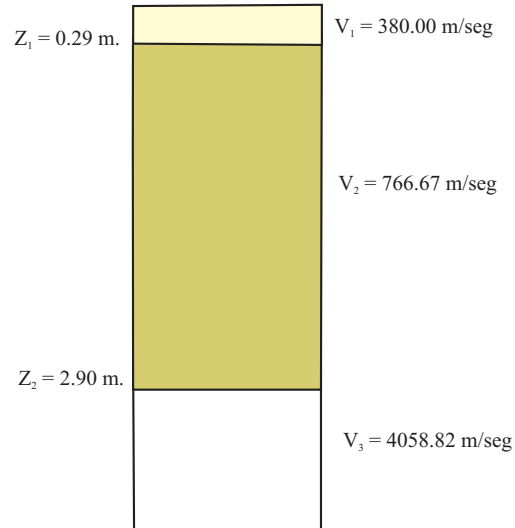
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PAMPA INALÁMBRICA




Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2g

CETICOS - Ilo
PRS 21



Leyenda
CETICOS - Ilo

-  Material arenoso
-  Material arenoso semi-compacto
-  Material arenoso rocoso algo fracturado

$Z_1 \dots$ = Profundidad
 $V_1 \dots$ = Velocidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
CETICOS - ILO

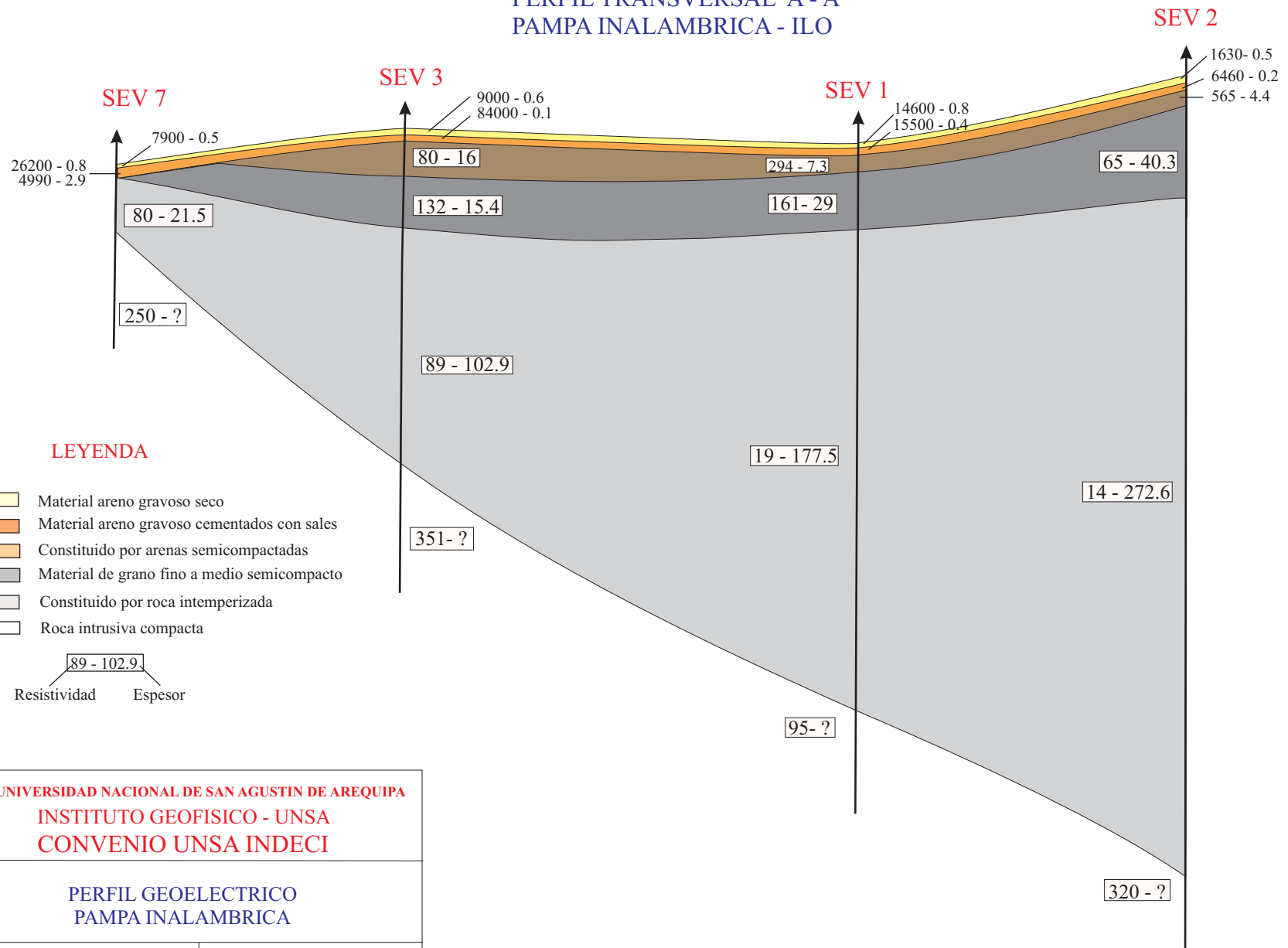
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 03

C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJE ELECTRICO VERTICAL(SEV)

1. PERFIL GEOELECTRICO, PAMPA INALAMBRICA
 - 1a. PERFIL TRANSVERSAL A-A' (SEV 7, SEV 3, SEV 1, SEV2)
 - 1b. PERFIL TRANSVERSAL B-B' (SEV 4, SEV 5)
 - 1c. PERFIL LONGITUDINAL B-C (SEV 4, SEV 6, SEV1)
2. COLUMNA GEOELECTRICA, URB. GARIBALDI
3. COLUMNA GEOELECTRICA, URB. PACOCHA
4. COLUMNA GEOELECTRICA, CETICOS-ILO

PERFIL TRANSVERSAL A - A'
PAMPA INALAMBRICA - ILO



LEYENDA

- Material areno gravoso seco
- Material areno gravoso cementados con sales
- Constituido por arenas semicompactadas
- Material de grano fino a medio semicompacto
- Constituido por roca intemperizada
- Roca intrusiva compacta

89 - 102.9
 Resistividad Espesor



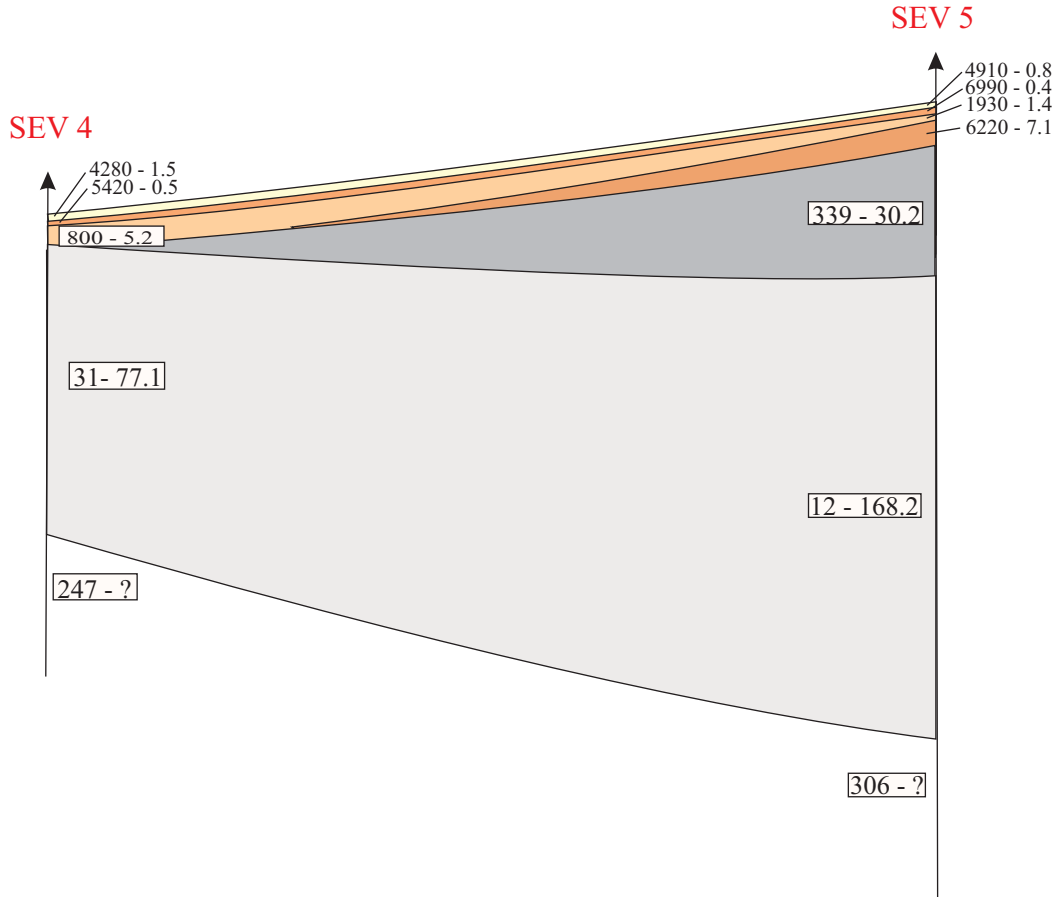
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO
 PAMPA INALAMBRICA

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 1a


PERFIL TRANSVERSAL B - B'
PAMPA INALAMBRICA - ILO



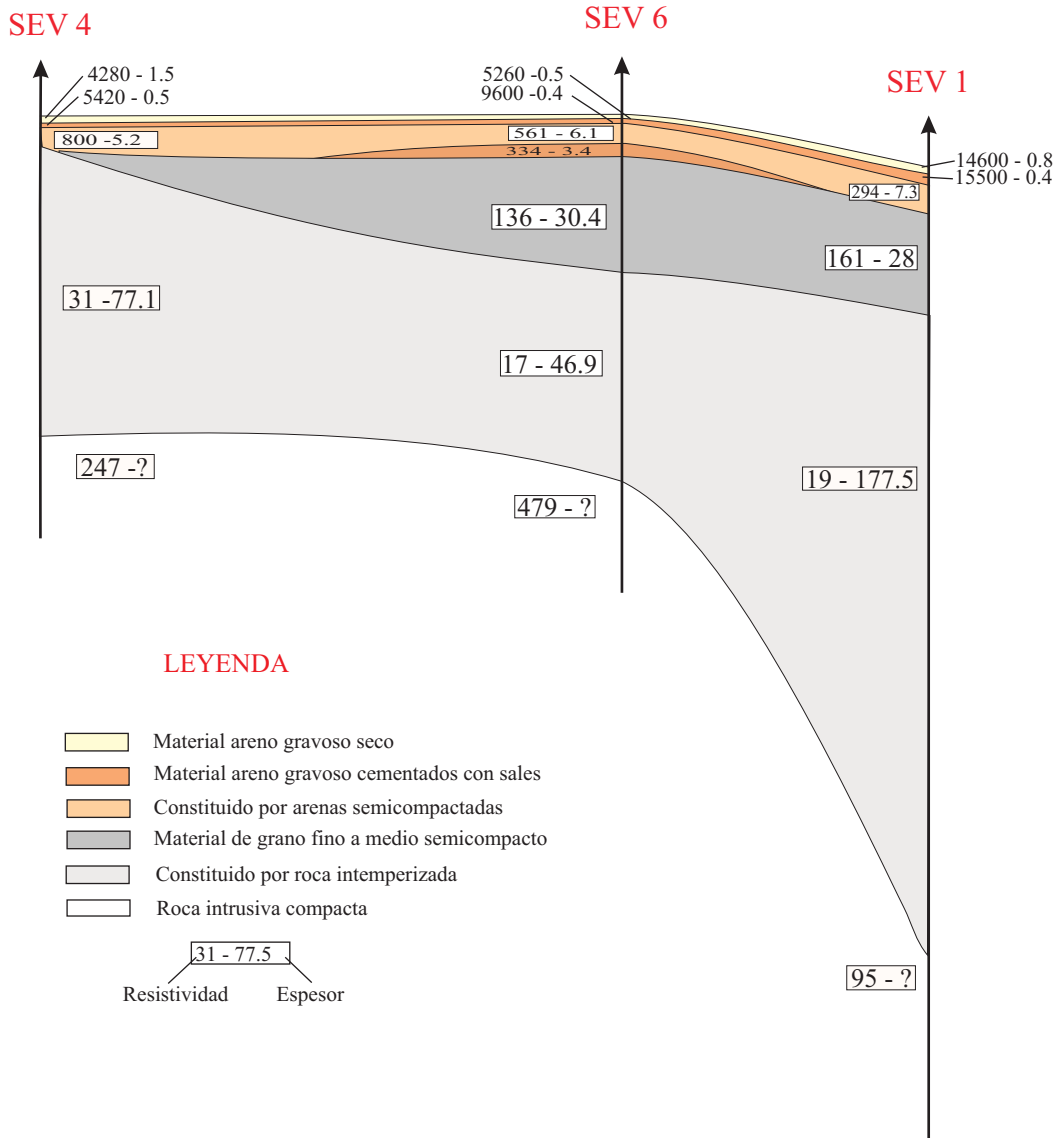
LEYENDA

- Material areno gravoso seco
- Material areno gravoso cementados con sales
- Constituido por arenas semicompactadas
- Material de grano fino a medio semicompacto
- Constituido por roca intemperizada
- Roca intrusiva compacta

31 - 77.1
 Resistividad Espesor

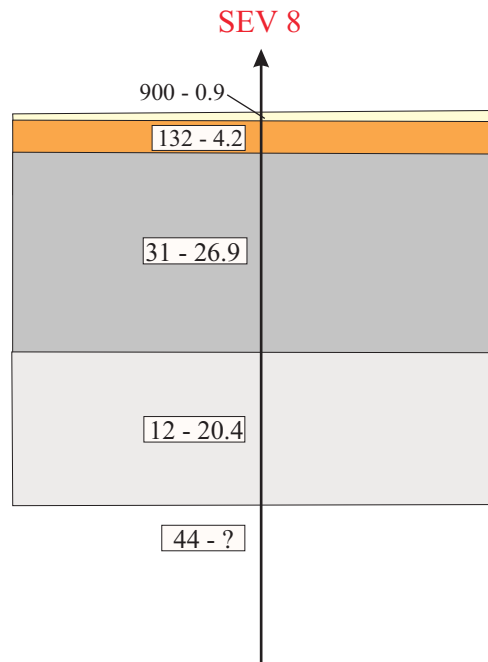
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI
PERFIL GEOELECTRICO PAMPA INALAMBRICA	
Fecha: setiembre, 2001	Fig. N° 1b

PERFIL LONGITUDINAL B - C
PAMPA INALAMBRICA - ILO








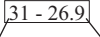
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI</p>
<p>PERFIL GEOELECTRICO PAMPA INALAMBRICA</p>	
<p>Fecha: setiembre, 2001</p>	<p>Fig. N° 1c</p>

COLUMNA GEOELECTRICA
URB. GARIBALDI - ILO



LEYENDA

-  Material areno gravoso con contenido de sales y conchuelas
-  Material areno gravoso algo compactos
-  Parte superior de la roca intrusiva
-  Roca intrusiva con alto grado de humedad
-  Roca intrusiva con alto contenido de humedad


 Resistividad Espesor



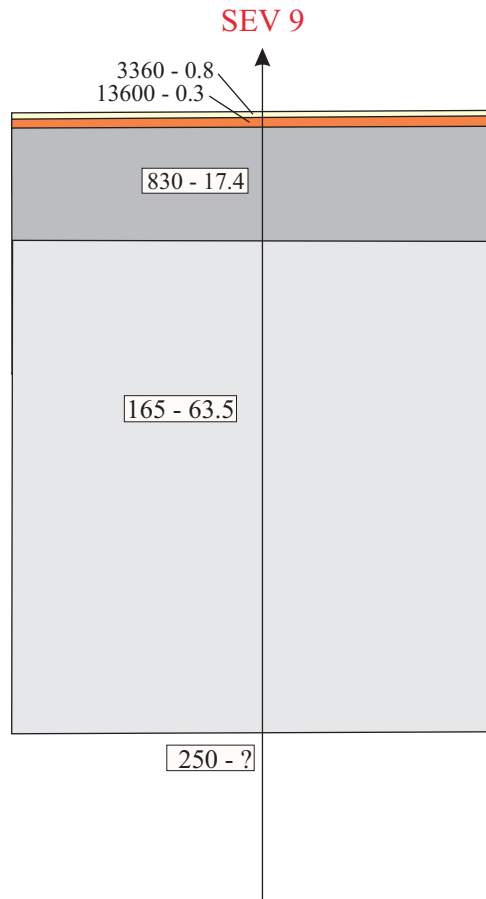
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO
URB. GARIBALDI

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2

COLUMNA GEOELECTRICA URB. PACOCHA



LEYENDA

- Material areno gravoso de origen aluvial
- Material areno gravoso algo compacto
- Material arenoso compactado
- Parte superior de la roca intrusiva
- Roca base mucho más compacta

165 - 63.5
 Resistividad Espesor



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

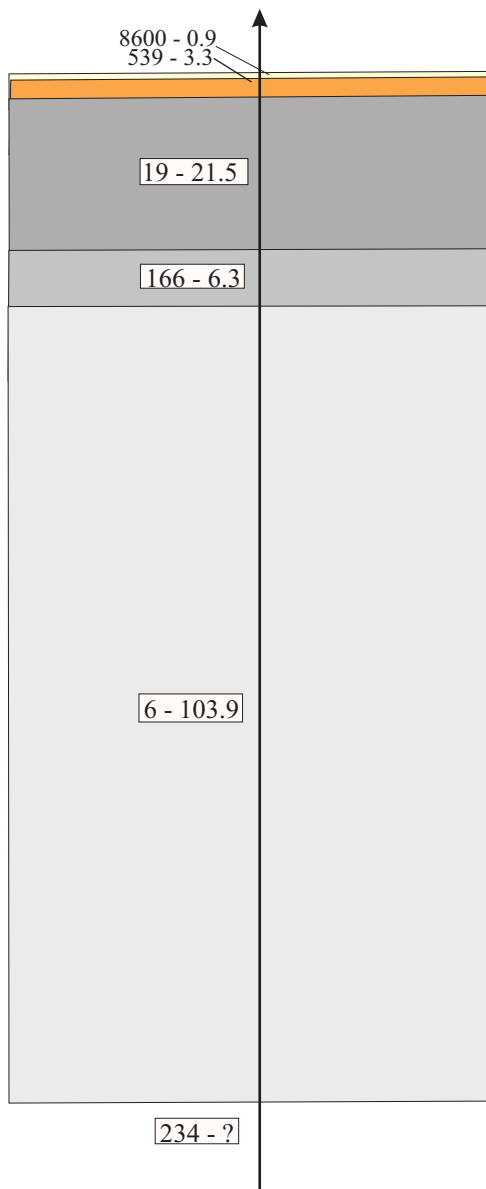
**PERFIL GEOELECTRICO
URB. PACOCHA**

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 3

COLUMNA GEOELECTRICA CETICOS - ILO

SEV 10



LEYENDA

- Material areno gravoso
- Material areno gravoso algo compactos
- Arenas saturadas de humedad con presencia de sales
- Arenas semicompactadas con poca humedad
- Arenas saturadas de agua producto de la intrusión marina
- Basamento rocoso

166 - 6.3
 Resistividad Espesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO
CETICOS - ILO

Fecha: setiembre, 2001

Fig. Nº 4

D. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

E. CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

F. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICO

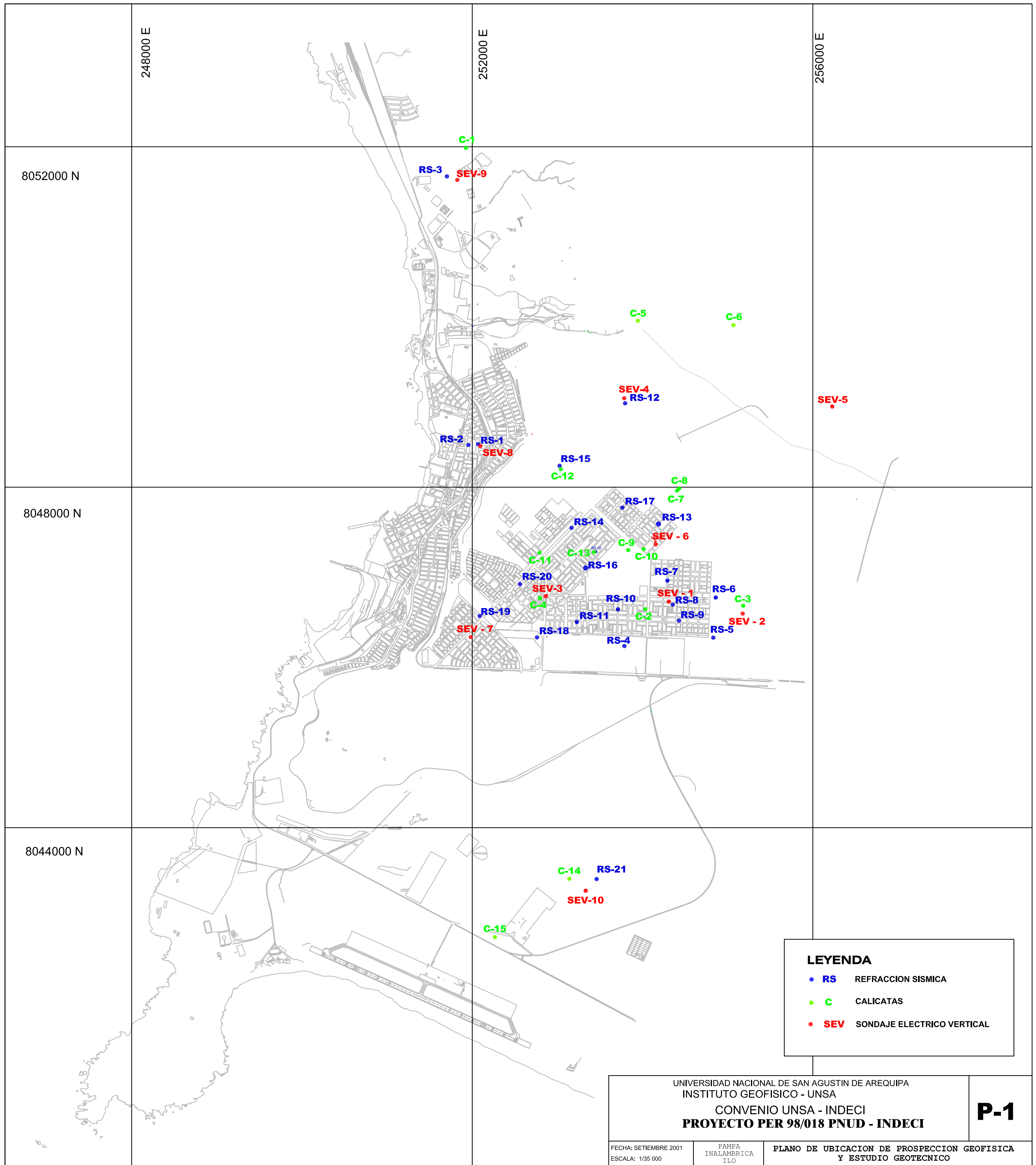
UBICACION	CLORUROS (mg/Kg)	SULFATOS(mg/Kg)
PAMPA INALAMBRICA URB. VICTORIA	8204,58	6053,15
PAMPA INALAMBRICA ENACE	59,04	4475,14
ESTADIO MARISCAL NIETO GARIBALDI	8335,86	2100,00
PAMPA INALAMBRICA VILLA PARAISO	6567,43	7053,07
ILO CETICO	3683,60	3957,45
PAMPA INALAMBRICA	1320,16	4235,29
CIUDAD DEL PESCADOR	108,50	6243,65
URB. 24 DE OCTUBRE	16953,40	10403,6
URB. FUJIMORI	5942,50,	2636,84

VALORES DE CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

UBICACIÓN	PROF.(m)	qu (kg/cm²) Capacidad Portante
PAMPA INALAMBRICA URB. VICTORIA	1,2	1,8
PAMPA INALAMBRICA ENACE	1,7	3,5
ESTADIO MARISCAL NIETO GARIBALDI	1,4	1,5
PAMPA INALAMBRICA VILLA PARAISO	1,6	1,5
ILO CETICO	1,5	1,2
PAMPA INALAMBRICA	1,5	1,8
CIUDAD DEL PESCADOR	1,7	1,6
URB. 24 DE OCTUBRE	1,5	1,5
URB. FUJIMORI	1,6	1,5

G. LISTA DE PLANOS

1. Ubicación de Prospección Geofísica y Estudio Geotécnico
2. Plano de Sectorización – Prospección Sísmica
3. Plano Geotécnico.
4. Mapa de peligros por la calidad de suelos y pendientes.
5. Correlación de evidencias superficiales y de daños de la Falla Chololo.
6. Daños por el sismo del 23 de junio del 2001
7. Mapa de peligros por Activación de Quebradas



LEYENDA

- RS REFRACCION SISMICA
- C CALICATAS
- SEV SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA - INDECI
PROYECTO PER 98/018 PNUD - INDECI

P-1

FECHA: SEPTIEMBRE 2001
 ESCALA: 1/35 000

PAMPA
 INALAMBRICA
 ILO

PLANO DE UBICACION DE PROSPECCION GEOFISICA
 Y ESTUDIO GEOTECNICO

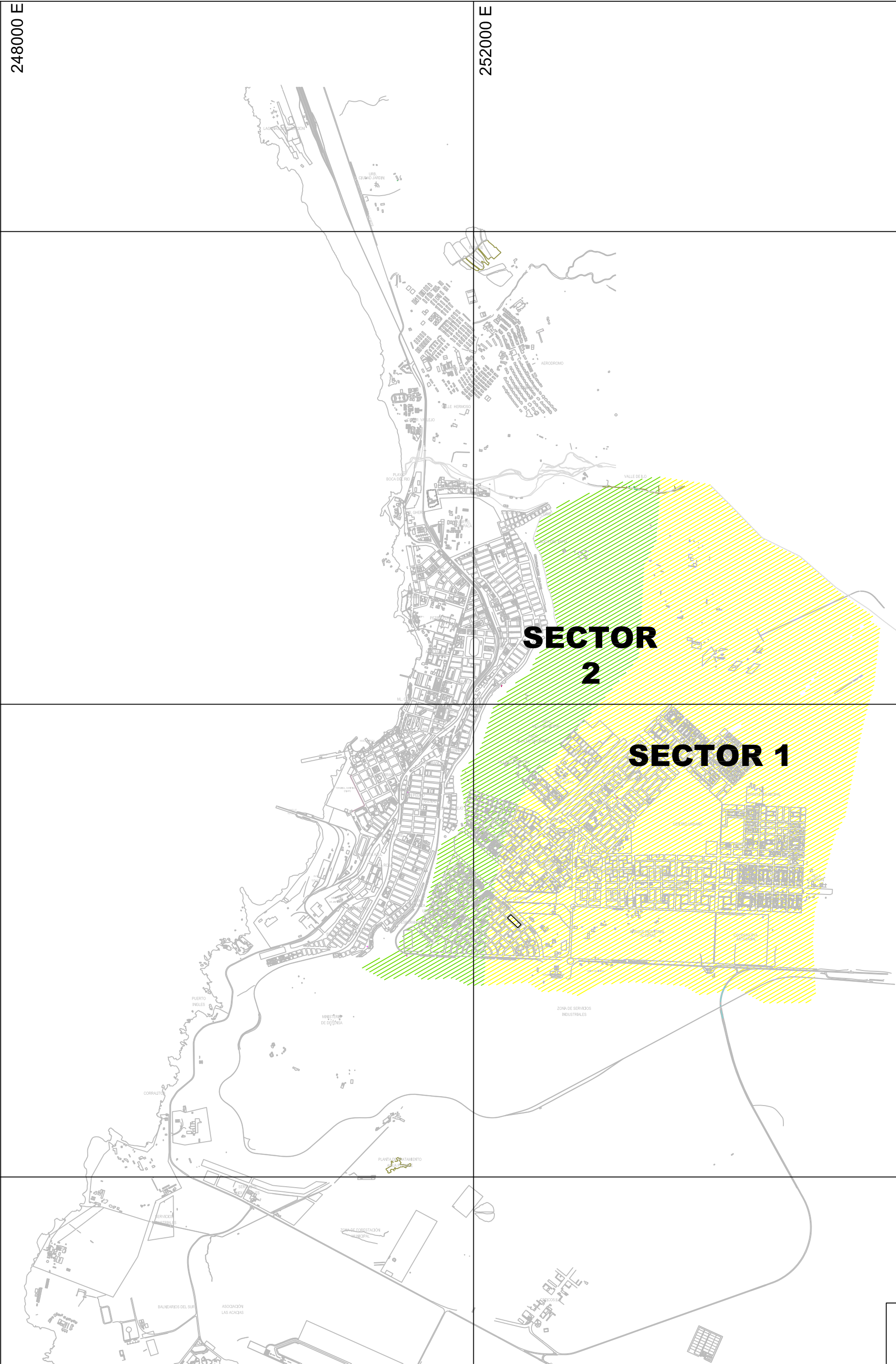
248000 E

252000 E

52000 N

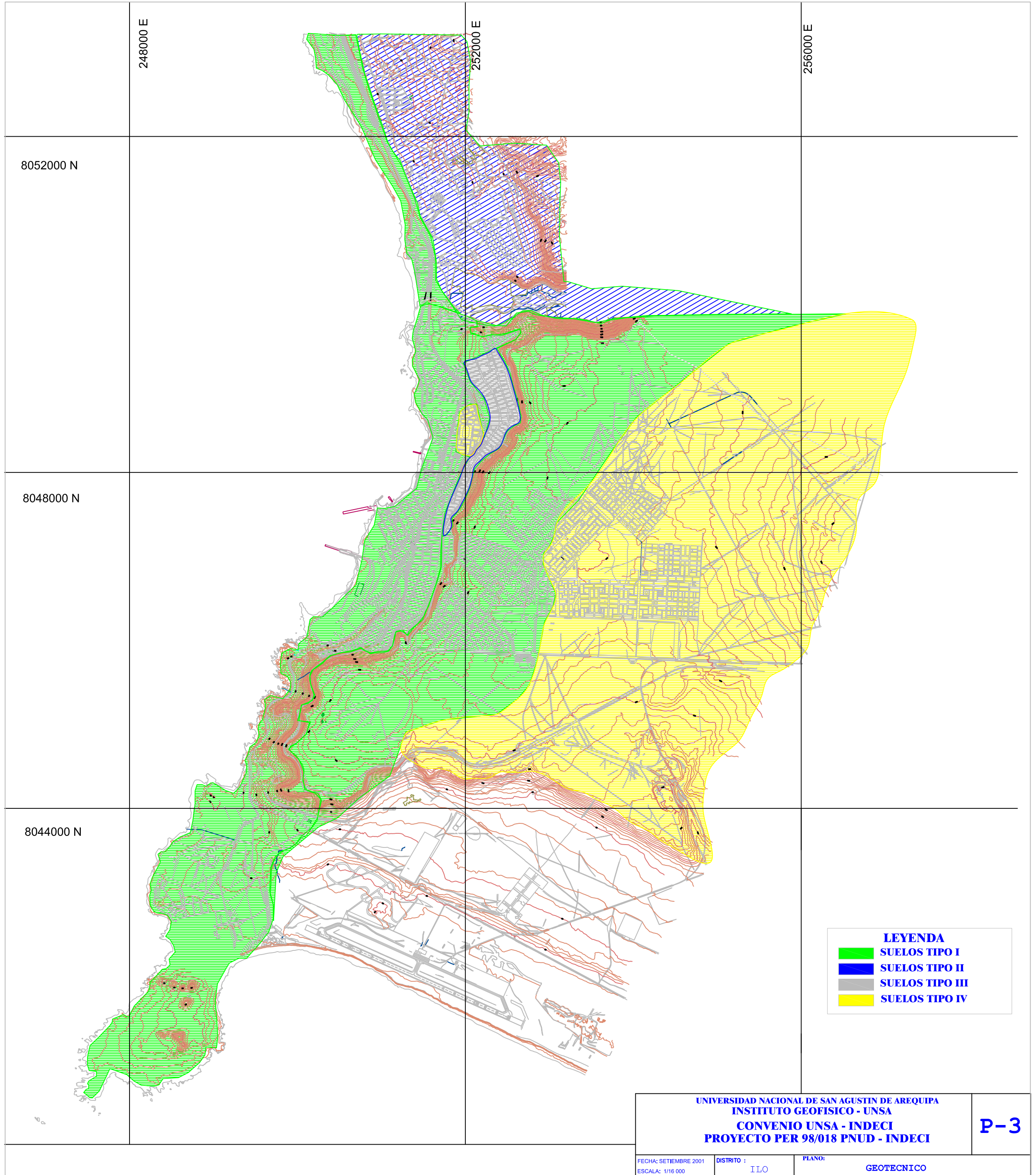
48000 N

44000 N



SECTOR 2

SECTOR 1



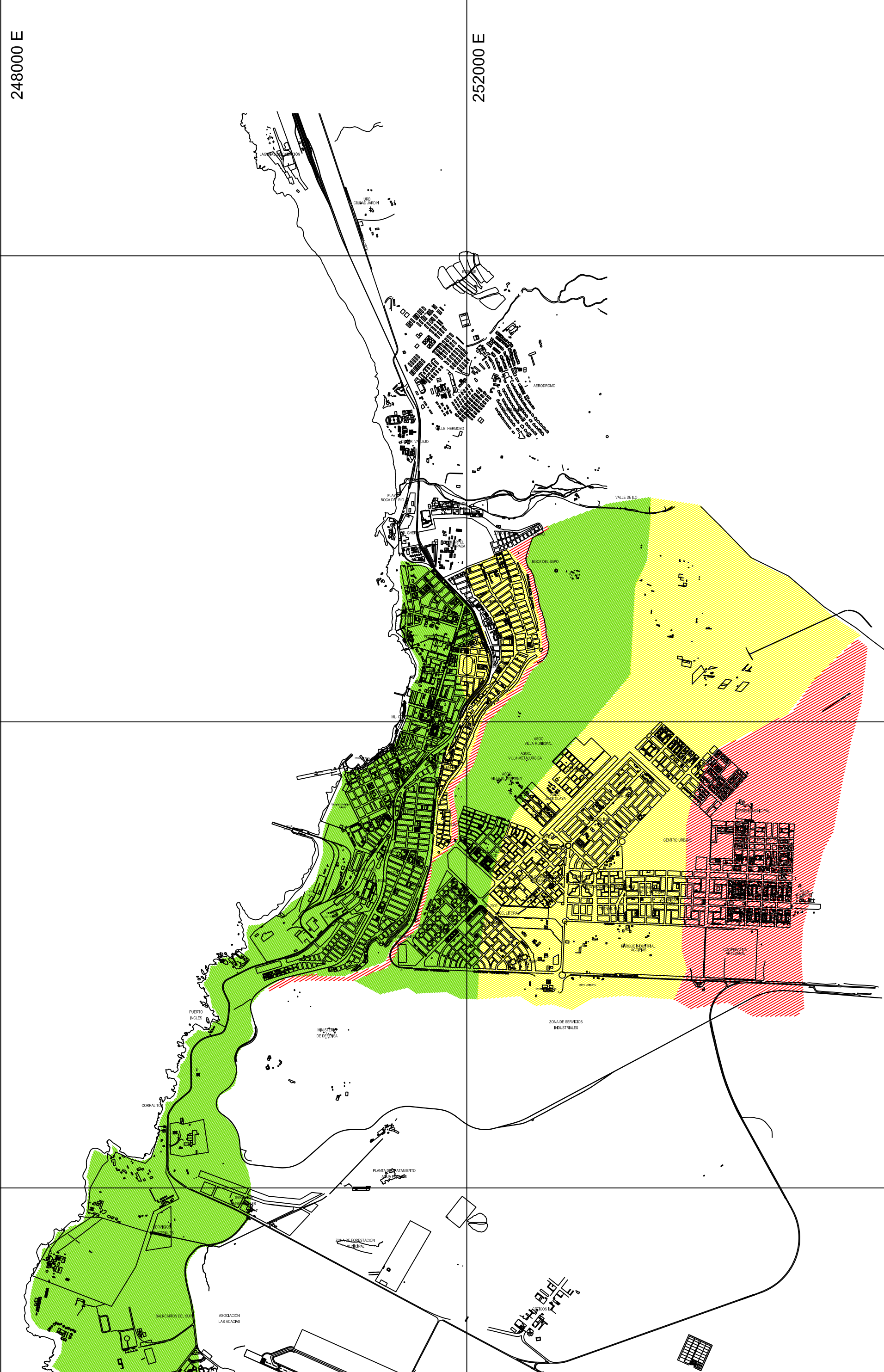
248000 E

252000 E

52000 N

48000 N

144000 N



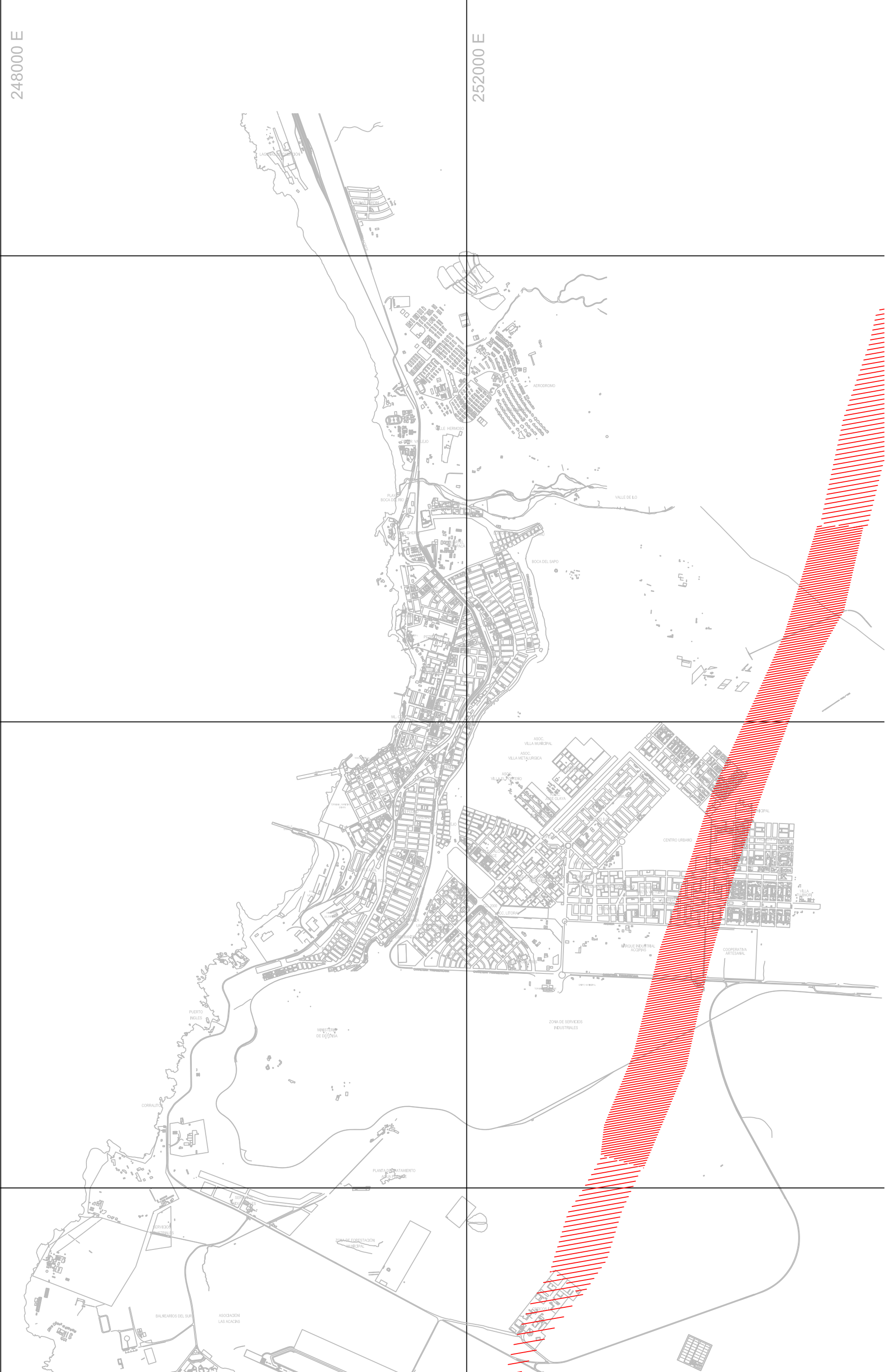
248000 E

252000 E

52000 N

48000 N

144000 N



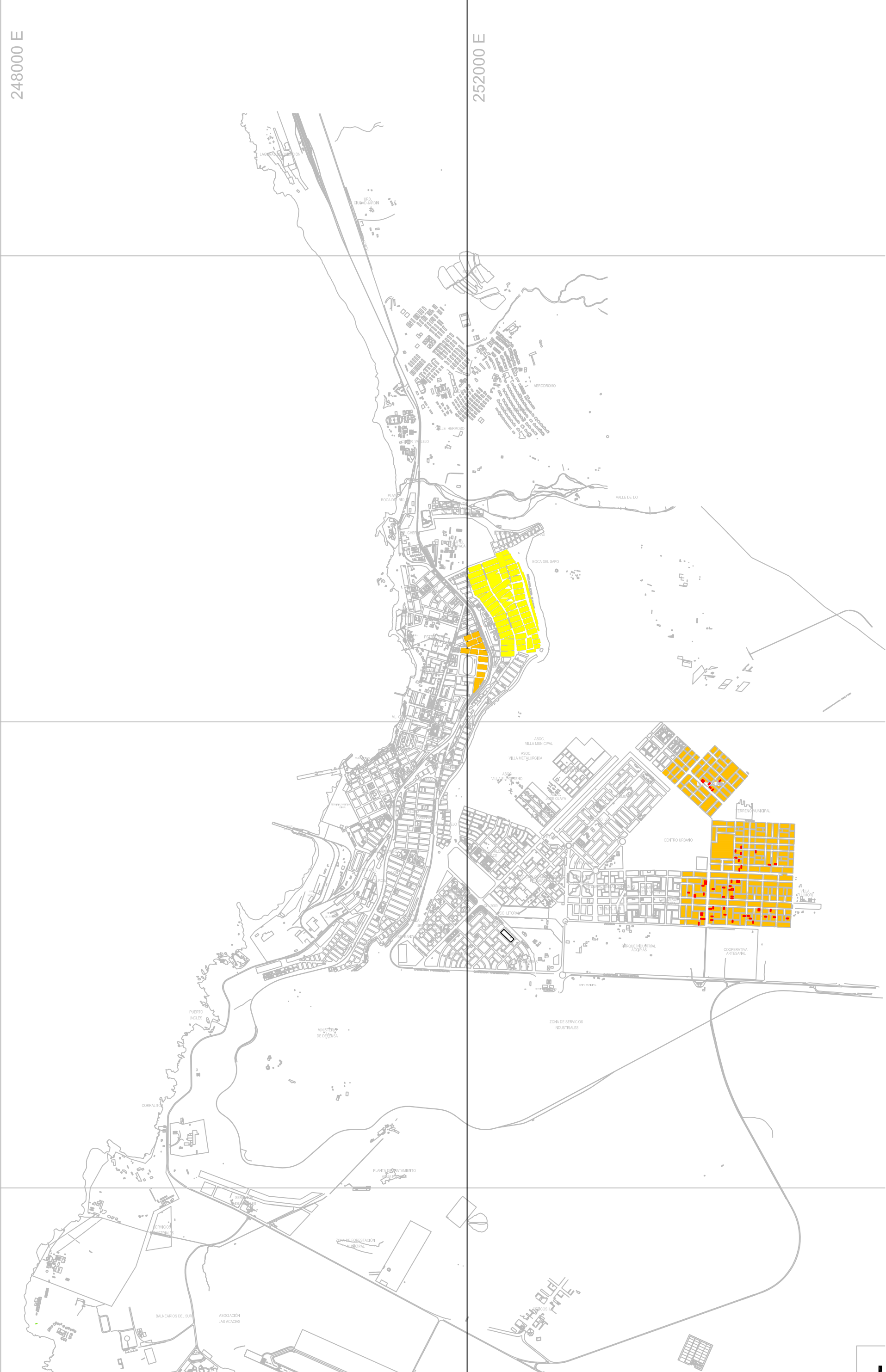
248000 E

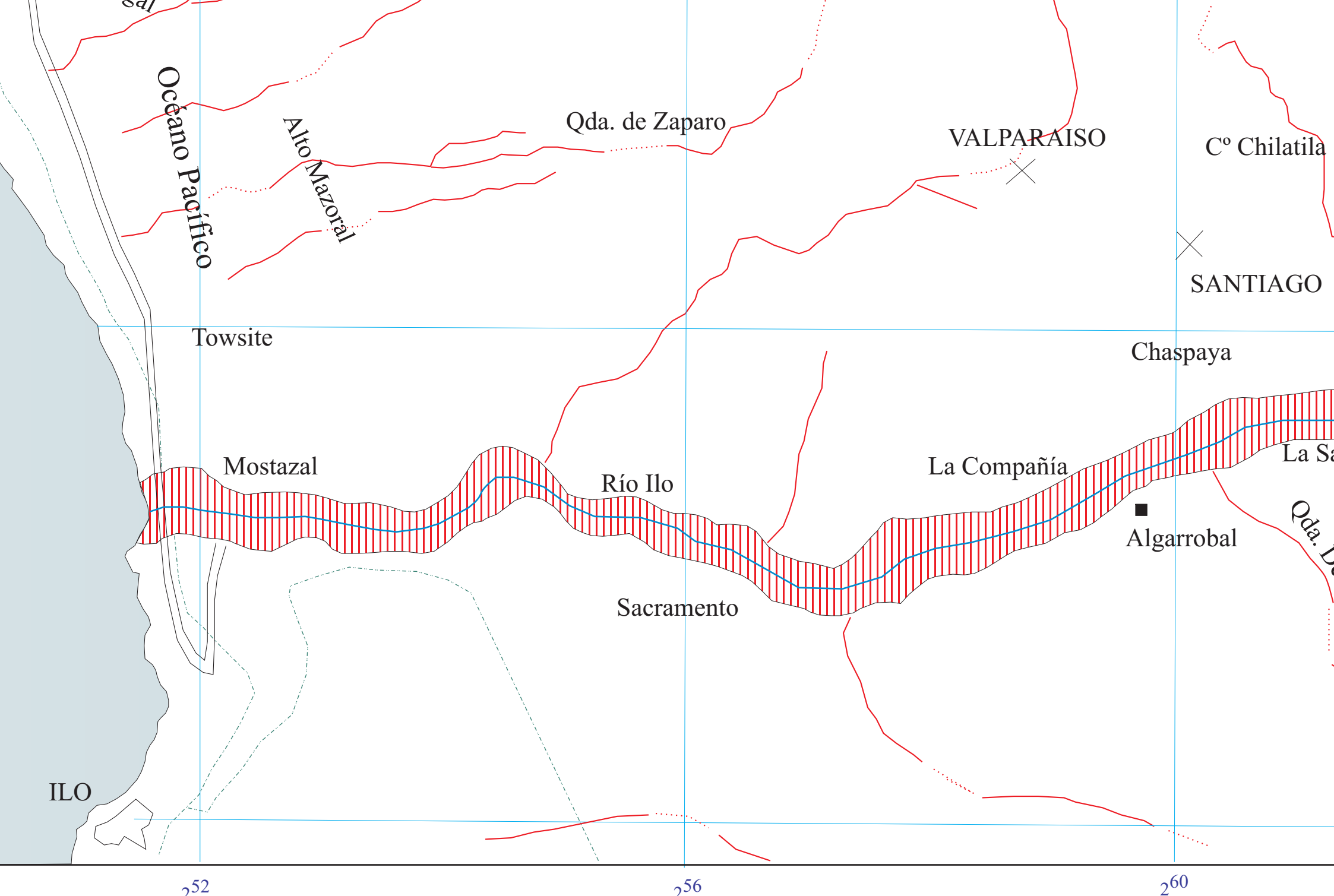
252000 E

52000 N

48000 N

144000 N





LEYENDA

Línea férrea