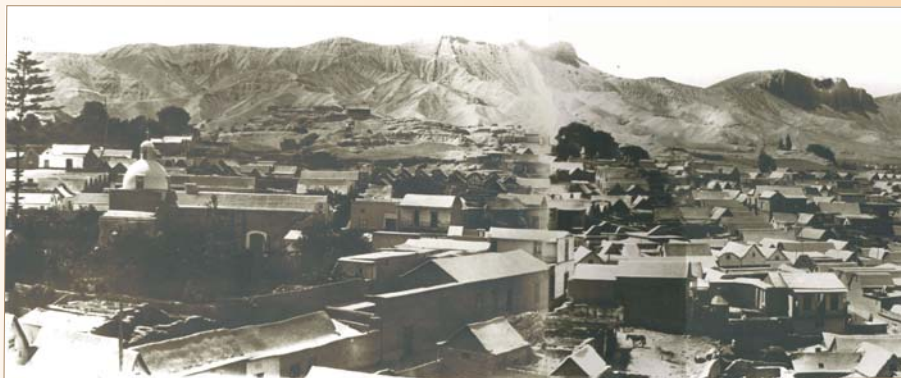




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

CONVENIO UNSA - INDECI

Proyecto PER 98/018 PNUD - INDECI



Años '60



Antes del sismo

EVALUACIÓN DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOQUEGUA

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 MOQUEGUA**

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

RESUMEN

	Pág.
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 Trabajo de gabinete	2
1.4 BASE CARTOGRAFICA	3
	1
Capítulo II	2
2. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA 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	7
2.5.1 Características de la población	7
2.5.2 Proceso de consolidación Urbana	7
2.5.3 Características de las Viviendas	8
2.6 INFORMACION SOCIO-ECONOMICA	8
2.6.1 Infraestructura de Transporte	8
2.6.1.1 Redes viales principales	8
2.6.1.2 Redes viales secundarias	8
2.6.1.3 Aeropuertos	9
2.6.1.4 Puertos	9
2.7 INFRAESTRUCTURA AGRICOLA	9
2.7.1 Proyecto Especial Pasto Grande	9
2.8 INFRAESTRUCTURA ENERGETICA	10
2.9 ACTIVIDAD MINERA	10
Capítulo III	
3. GEOMORFOLOGÍA	13
3.1 LLANURA COSTANERA	13
3.2 FLANCO ANDINO	13
3.3 CADENA DE CONOS VOLCANICOS	14
Capítulo IV	
4. GEOLOGIA	16
4.1 TOPOGRAFIA	16
4.2 HIDROGRAFIA	17
4.2.1 Recursos Hídricos Superficiales	18
4.2.2 Recursos Hídricos Subterráneos	18
4.3 RECURSOS NATURALES	18

4.4 ESTRATIGRAFIA	19
4.4.1 Grupo Toquepala	19
4.4.1.1 Formación Toquepala	19
4.4.1.2 Formación Inogoya	19
4.4.1.3 Volcánico Paralaque	19
4.4.1.4 Volcánico Quellaveco	20
4.4.2 Formación Moquegua	20
4.4.2.1 Moquegua Inferior	20
4.4.2.2 Moquegua Superior	21
4.4.3 Formación de Huaylillas	21
4.4.4 Formación Capillune	21
4.4.5 Formación Barroso	22
4.4.6 Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares	22
4.4.7 Depósitos Aluviales	22
4.4.8 Terrazas Aluviales	23
4.4.9 Conos Aluviales	23
4.4.10 Depósitos Coluviales	24
4.4.11 Depósitos Fluviales	24
4.4.12 Rocas Intrusivas	24

Capítulo V

5. GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA	27
5.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA	27
5.1.1 Sísmicidad	27
5.1.1.1 Sísmicidad Histórica	27
5.1.1.2 Tectonismo de la Región Andina	36
5.1.1.3 Análisis de la sísmicidad	39
5.1.2 Deslizamientos	42
5.2 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA EXTERNA	44
5.2.1 Inundaciones	44
5.2.2 Activación de quebradas	44

Capítulo VI

6. IDENTIFICACION DE PELIGROS	45
6.1 PROSPECCION GEOFISICA	45
6.1.1 Refracción Sísmica	45
6.1.1.1 Interpretación sísmica de la zona de Los Angeles	45
6.1.1.2 Interpretación sísmica de la zona del Aeropuerto	46
6.1.1.3 Interpretación sísmica de la zona del Siglo	46
6.1.1.4 Interpretación sísmica de la zona de San Antonio	47
6.1.1.5 Interpretación sísmica de la zona de Chen Chen	48
6.1.1.6 Interpretación sísmica de la zona del Cercado (Calle Junín	49
6.1.1.7 Interpretación sísmica de la margen izquierda del ingreso a Moquegua (costado del Cuartel)	49
6.1.1.8 Interpretación sísmica de la zona de San Francisco	50
6.1.2 Sondaje Eléctrico Vertical	50
6.1.2.1 Interpretación Geoeléctrica de San Antonio	50
6.1.2.2 Interpretación Geoeléctrica de San Francisco	51
6.1.2.3 Interpretación Geoeléctrica de la Zona del Aeropuerto	52
6.1.2.4 Interpretación Geoeléctrica de El Siglo	53

6.1.2.5 Interpretación Geoeléctrica de Los Angeles	54
6.2 ESTUDIO GEOTECNICO	55
6.2.1 Mecánica de Suelos	55
6.2.2 Dinámica de Suelos	55
6.2.3 Caracterización de suelos	56
6.2.3.1 Suelos Tipo I	56
6.2.3.2 Suelos Tipo II	57
6.2.3.3 Suelos Tipo III	57
6.2.3.4 Suelos Tipo IV	57
6.3 RESUMEN DE LAS UNIDADES GEOTECNICAS EN LA ZONA DE MOQUEGUA	57
6.4 MAPA DE PELIGROS	59
6.4.1 Por inundaciones	59
6.4.2 Activación de quebradas	60
6.4.3 Por pendientes	60
6.4.4 Por la calidad de suelos	60
6.4.5 Peligrosidad del Asentamiento de San Francisco	60

Capítulo VII

7. EVALUACION DE DAÑOS. .	63
7.1 EVOLUCION Y CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MOQUEGUA	63
7.2 EVALUACION DE DAÑOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO	63
7.3 ANALISIS DEL PORCENTAJE DE VIVIENDAS DAÑADAS	73

Capítulo VIII

8. EVALUACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO	75
8.1 ZONA MONUMENTAL	75
8.1.1 Situación frente a un evento sísmico o precipitación pluvial	75
8.1.2 Recomendaciones	76
8.2 P.J. EL SIGLO	76
8.2.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial	76
8.2.2 Recomendaciones	76
8.3 P.J. MARISCAL NIETO	77
8.3.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial	77
8.3.2 Recomendaciones	78
8.4 P.J. SAN FRANCISCO	78
8.4.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial.	78
8.4.2 Recomendaciones	79
8.5 C.P.M SAN ANTONIO	79
8.5.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial	79
8.5.2 Recomendaciones	80
8.6 DISTRITO DE SAMEGUA	80
8.6.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial	80
8.6.2 Recomendaciones	80
8.7 EXPANSIONES URBANAS	80
8.7.1 Situación ante las precipitaciones, inundaciones y huaycos	80
8.7.2 Recomendaciones	80
8.8 C.P.R. ESTUQUIÑA	81
8.8.1 Situación de vulnerabilidad y riesgo	81

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
ANEXOS	88
A. LISTA DE PERFILES SISMICOS	
B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS	
C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES (SEV)	
D. RESULTADO DEL ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS	
E. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
F. RESULTADOS DE EXPANSION	
G. RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LA COMPOSICION DE MINERALES (MICROSCOPIA ELECTRONICA)	
H. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS	
• Ampliación López Albuja (San Antonio)	
• Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte (San Antonio)	
• Pampas de Chen Chen	
• Pampas de Chen Chen (junto al canal)	
• San Antonio	
• Cercado Calle Moquegua	
• Jr. Ayacucho	
• Aeropuerto Moquegua	
• Los Angeles	
I. LISTADO DE PLANOS	
• Plano de Ubicación	
• Plano de Inundaciones	
• Plano de Activación de Quebradas	
• Plano Geotécnico	
• Mapa de Peligro por Suelos y por Pendientes	
• Mapa de Peligro del AA.HH. San Francisco	

LISTA DE FIGURAS

	Pág
1. Mapa de ubicación de la Zona de Estudio	5
2. Proyección 3D, Isoyetas en el Sur del Perú	6
3. Mapa Geológico de la Ciudad de Moquegua	26
4. Isosistas, sismo del 15 de enero de 1958	32
5. Isosistas, sismo del 13 de enero de 1960	34
6. Isosistas, sismo del 16 de febrero de 1979	35
7. Isosistas del Terremoto del 23 de junio del 2001	37
8. Mapa Epicentral, período 1964-1998	40
9. Mapa Epicentral, Campañas Sísmicas:1965, 969,1975-76 y 1985	41
10. Secciones Sísmicas	43
11. Mapa de Zonificación de suelos de fundación de la ciudad de Moquegua	58

LISTA DE CUADROS

	Pág
1. Puertos de Moquegua	9
2. Principal Central Térmica	10
3. Principales unidades de producción minera metálica y no metálica	10
4. Proyectos de inversión y prospectos en estudios	11
5. Concesiones de beneficio	11
6. Velocidades y espesores de Los Angeles	45
7. Velocidades y espesores del Aeropuerto	46
8. Velocidades y espesores de El Siglo	47
9. Velocidades y espesores de San Antonio	47
10. Velocidades y espesores de Chen Chen	48
11. Velocidades y espesores de Moquegua-Cercado (Calle Junin).	49
12. Velocidades y espesores, Ingreso a Moquegua (Costado del Cuartel)	49
13. Velocidades y espesores de San Francisco	50
14. Valores de resistividad y espesores de San Antonio	50
15. Valores de resistividad y espesores de San Francisco	51
16. Valores de resistividad y espesores del Aeropuerto	52
17. Valores de resistividad y espesores de El Siglo	53
18. Valores de resistividad y espesores de Los Angeles	54
19. Cantidad de Viviendas Evaluadas	73
20. Evaluación de Viviendas	73
21. Porcentaje de Viviendas de adobe colapsadas	74

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 Moquegua, 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 como base para los estudios sucesivos que permitan identificar los peligros existentes en la ciudad. Para la determinación de la estratigrafía de la ciudad como de sus proyecciones futuras se ha realizado prospección geofísica, utilizando los métodos de refracción sísmica y sondeos eléctricos verticales, mediante el cual se ha definido el substrato de los diferentes sectores de la ciudad de Moquegua.

El sector de El Siglo y Mariscal Nieto le corresponde materiales deluviales poco consolidado y con un talud algo pronunciado, correspondientemente con un proceso constructivo inadecuado en las edificaciones, en este último sismo se han registrado daños importantes.

El suelo del Centro de Moquegua es algo más estable y plana, sin embargo se han registrado daños considerables en este último sismo del 23 de junio, fundamentalmente por la antigüedad de sus edificaciones, que en su mayor parte eran de adobe y de quincha.

La parte baja de la ciudad coincidentemente con los valores de la prospección geofísica y los daños registrados, le corresponde un suelo relativamente estable que es de origen aluvial.

En el Poblado de San Francisco se han registrado daños importantes fundamentalmente por el tipo de construcción (adobes y mal proceso de construcción) y pendientes pronunciadas que origina inestabilidad de las edificaciones.

En el sector de Chen Chen y San Antonio, los estratos superficiales son de origen deluvial y proluvial, provenientes de los cerros adyacentes, estos suelos tienen velocidades bajas en las capas más superficiales y velocidades intermedias en las

inferiores, sin embargo se ha encontrado presencia de sales, que serían inadecuados de no contemplarse servicios como agua y desagüe.

Los suelos de Los Angeles, Estuquiña y Samegua presentan condiciones estables por la consistencia de sus suelos. El sector del aeropuerto según la información geofísica y las calicatas le corresponde un suelo muy estable de origen aluvial.

El estudio de las inundaciones en Moquegua da como resultado sectores críticos debido a la falta de continuidad de las calles, que originan acumulación de agua, asimismo, por la topografía de la ciudad en algunas de las calles transversales a la pendiente general también se embalsan las aguas pluviales, todo ello ocurrió durante las copiosas precipitaciones del año de 1993. De allí, la necesidad de proyectar los drenajes hacia el río. Un sector vulnerable son las edificaciones que se encuentran en la Quebrada El Cementerio, prioritariamente se deberán realizar obras que permitan el encauzamiento de las aguas para evitar inundaciones de ocurrir una precipitación pluvial mayor.

Se deberá programar el reforzamiento de las edificaciones que se encuentran debilitadas a raíz del último sismo del 23 de junio.

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 Moquegua. Particularmente orientado a la geodinámica externa como las inundaciones y activación de las quebradas y a la geodinámica interna como es el caso de los sismos y deslizamientos de allí la importancia de los estudios geotécnicos.

La ciudad de Moquegua a través de los tiempos ha soportado la ocurrencia de sismos destructores, con saldos dolorosos por las pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales es el caso de éste último sismo del 23 de junio cuya intensidad alcanzó el grado 8 en la Escala Modificada de Mercalli.

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 el año de 1600, los terremotos de 1868, 1877 y 2 001 y otros fenómenos naturales que destruyeron algunas ciudades del Sur del Perú, como son los deslizamientos, activación de quebradas, etc.. Por consiguiente, a nivel de la ciudad de Moquegua los esfuerzos se centrarán en los estudios geológicos, geofísicos, inundaciones, deslizamientos, activación de quebradas y calidad de suelos, todo ello con la finalidad de determinar con cierta precisión los peligros que la amenazan y ponen en riesgo su seguridad física.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos son:

- a) Conocer la estratigrafía de Moquegua en base a los estudios geológicos, geofísicos y de suelos.
- b) Definir las características físicas y químicas de los suelos.

- c) Identificar a través del mapa de peligros las zonas de mayor riesgo y vulnerabilidad, para definir las principales medidas que deben ser adoptadas para mitigar los daños en la ciudad de Moquegua.
- d) Mejorar las características físicas de las viviendas en la mayoría de los casos de adobe y quincha, formulando nuevos sistemas constructivos, que brinde mayor seguridad y resistencia a los efectos de sismos.
- e) Crear conciencia y responsabilidad en la colectividad frente a los riesgos a los cuales la ciudad se encuentra expuesta; Para que esta se organice y tome las medidas necesarias para cautelar su seguridad física e integridad de sus bienes.
- f) Facilitar las operaciones de evacuación y rescate.
- g) 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 subestación; 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 Trabajo de 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 Moquegua, Cercado, Pueblos Jóvenes y Centros Poblados y las nuevas de expansión urbana, de acuerdo a 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 es el ámbito urbano de la ciudad de Moquegua comprendida por la Zona Monumental, El Siglo, Mariscal Nieto; Los Centros Poblados de San Francisco, San Antonio, Los Ángeles, Estuquiña; El Distrito de Samegua y las nuevas expansiones urbanas; La ciudad de Moquegua por su característica topográfica no tiene grandes áreas de terreno para la expansión urbana, y su crecimiento esta dado por núcleos independientes adecuados a la topografía existente.

2.2 UBICACIÓN

La ciudad de Moquegua se localiza políticamente en la provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua con una población aproximada de 58 000 habitantes. (Figura N° 1)

La accesibilidad y vías de integración nacional e internacional son la Panamericana Sur y la Carretera Binacional.

2.3 CLIMATOLOGÍA

El clima de Moquegua es cálido y desértico, con una temperatura media anual de 18 grados centígrados, la máxima se registra entre los meses de enero a marzo con un valor de 30 grados centígrados y la mínima oscila en los 13 grados centígrados durante los meses de Mayo y junio.

La máxima velocidad del viento registrada es de 4 nudos en los meses de agosto y la menor velocidad durante los meses de febrero y marzo. La dirección predominante es de Sur Sureste.

Es una zona árida, el promedio de precipitación es de 15 mm/año registrado en la estación meteorológica de Moquegua (Figura N° 2, Isoyetas del Sur del Perú). Sin embargo, en el año de 1993 se registró una intensa precipitación que alcanzó los 100 mm en tres días de lluvias, ocasionando severos daños en las viviendas de adobe y de material rústico, inundando calles y avenidas con altura de hasta 25 cms.

2.4 FORMACIONES ECOLÓGICAS Y ZONAS DE VIDA

El relieve es plano a ligeramente ondulado en algunos sectores y en otros de topografía abrupta, teniendo laderas de fuerte pendiente propio de una zona de gran

erosión en el pasado. Suelos propios del desierto del tipo yermosoles (cálcicos a gípsicos) en algunos sectores con contenidos salinos, a excepción del valle que son fluviosoles y arenosos.

La vegetación en la zona de estudio es escasa, encontrándose mayormente sólo en el cauce del río. La actividad agrícola y ganadera ha logrado incrementarse desde la puesta en funcionamiento de la Presa de Pasto Grande.

2.5 INFORMACIÓN SOCIO – DEMOGRÁFICO

2.5.1 Características de la población

El Departamento de Moquegua presenta una tasa de crecimiento poblacional anual de 1,9% (entre 1 981 y 1 993). Su población se encuentra distribuida en 3 provincias y 20 distritos (5 en la costa y 15 en la sierra).

Los poblados más importantes son Moquegua e Ilo y en menos porcentaje Torata y Omate. La población urbana se concentra en Moquegua e Ilo, según información del INEI la densidad poblacional del Departamento es de 8,3 h/Km².

2.5.2 Proceso de consolidación Urbana.

El proceso de urbanización se ha dado por dos patrones de asentamiento claramente diferenciados, formales e informales.

- 1 La zona monumental, se consolida en las laderas superiores al Valle, para evitar utilizar tierras agrícolas por ser estas muy productivas y rentables; Conserva la arquitectura tradicional de la época colonial y republicana, sus calles angostas, casonas, iglesias etc. Con sus techos tipo hastial y de mojinete; Tiene una densidad alta, y concentra las actividades comerciales.
- 2 Posteriormente en los años 1970 producto de las fuertes migraciones son invadidos los terrenos ubicados en el contorno de la ciudad; En muchos casos estos se ubican en zonas de alto riesgo, y sin planificación. En esta etapa aparecen tres asentamientos, la de San Francisco, El Siglo y Mariscal Nieto.
- 3 En el año de 1990 la Empresa ENACE identifica terrenos aptos para fines urbanos; Así se inicia la habilitación de San Antonio y cerros de San Francisco. Paralelamente son invadidos los terrenos alrededor de esta habilitación.

Cabe mencionar que la topografía de la ciudad de Moquegua es irregular rodeada de altos cerros que de una forma natural definen el espacio; es por ello que los asentamientos se han consolidado en núcleos urbanos, y la oferta de terrenos con dichos fines es muy limitada.

A la fecha se aprecia que muchas de las nuevas construcciones se realizan sin licencia de construcción y no respetan el Reglamento Nacional de Construcciones, a pesar que de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú, Moquegua esta considerada en la zona 1 de sismicidad alta. Por lo que se deberá tener mayor énfasis en el control urbano, de las construcciones nuevas y de la zona monumental a fin de evitar daños cuantiosos; también cabe resaltar que los terrenos ocupados no cuentan con un estudio de suelos motivo por el cual las edificaciones de la habilitación de San Antonio presentaban fisuras en los muros, y agrietamientos en los pisos y techos, inclusive antes de la ocurrencia del sismo del 23 de junio.

2.5.3 Características de las viviendas

De acuerdo al Compendio Estadístico del Censo Nacional (INEI 1995), en el Departamento de Moquegua alcanza los 38,649 viviendas particulares con ocupantes, un buen número corresponde a construcciones precarias que han sido seriamente afectadas por el sismo del 23 de junio del 2001.

2.6 INFORMACION SOCIO-ECONOMICA

En este rubro se describe lo concerniente a infraestructura vial, aérea, marítima, que existe en el área de trabajo, así como también los proyectos de irrigación, líneas de transmisión eléctrica, la actividad minera entre otros.

2.6.1 Infraestructura de transporte

El sistema vial local de la ciudad esta limitado en cuanto a la continuidad de las avenidas principales, ya que estas quedan interrumpidas cómo es el caso del cuartel en el centro de la ciudad. En el ámbito regional esta conectado con los distritos de Mariscal Nieto e Ilo, sin embargo con la provincia de Sánchez Cerro solo existe integración con el distrito de Omate siendo deficiente para el resto de la provincia.

En el ámbito nacional esta integrada con la carretera Panamericana con las ciudades del Norte y Sur del país; Por el Oeste con la carreta Binacional Ilo Desaguadero, que integra a las ciudades Alto andinas y el país de Bolivia.

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) y otras carreteras que unen los interiores de las ciudades.

En Lima empieza la Carretera Panamericana Sur que pasa por el área de trabajo (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 hasta el 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. Redes viales secundarias

Entre las carreteras secundarias tenemos las que parten de las principales ciudades hasta el interior del país. Estas son carreteras afirmadas y trochas carrozables, se incluyen en esta categoría a los caminos de herradura.

Se pueden mencionar las siguientes vías: Ilave-Mazo Cruz, Tarata-Tacna, Arequipa-Ubinas, Arequipa-Omate-Quinistaquillas, Arequipa-Matalaque, Candarave-Tarata-

Tacna, los accesos desde la carretera binacional a los poblados de Omate, Calacoa, Carumas, Kelluyo, Pizacoma, y otros más.

2.6.1.3 Aeropuertos

En el área de estudio existe un aeropuerto, ubicado en el Distrito de Moquegua, el tipo de superficie es de asfalto, con una elevación de 1365 msnm, y con un largo de pista de 1800 m..

2.6.1.4 Puertos

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

CUADRO 1
PUERTOS DE MOQUEGUA

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)

2.7 INFRAESTRUCTURA AGRICOLA

En el área de estudio se encuentra el proyecto de irrigación Pasto Grande, el cual se describe a continuación

2.7.1 Proyecto Especial Pasto Grande

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; con el se desarrolla una importante actividad agrícola, ahora con mayores expectativas, al haberse ampliado la frontera agrícola con 10,000 Has. de cultivo y el mejoramiento de riego de 2,900 Has. en los valles de Moquegua, Ilo y Torata gracias a la consolidación del Proyecto Especial de la Presa Pasto Grande.

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 de 11m², diámetro libre 2,80 m, y con capacidad de conducción de 17,5 m³/seg., de igual modo cuenta con la Bocatoma Otorá.

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.

2.8 INFRAESTRUCTURA ENERGETICA

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

**CUADRO 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)

2.9 ACTIVIDAD MINERA

En el departamento de Moquegua se desarrolla la explotación de cobre más importante del país. El Centro Minero de Cuajone representa para el estado un aporte al PBI de 20.15% del producto bruto interno del aporte nacional donde la empresa ASARCO-CYPRUS-Grupo México es la encargada de su explotación. 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 3
PRINCIPALES UNIDADES DE PRODUCCION MINERA METALICA Y NO METALICA**

EMPRESA	UNIDAD	SUSTANCIA	UBICACIÓN		
			DPTO.	PROV.	DISTRITO
ASARCO-CYPRUS-Grupo México	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 4
PROYECTOS DE INVERSIÓN 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 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 Perú	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

También en el departamento de Moquegua hay bastante expectativa por la futura explotación del yacimiento minero de Quellaveco, por la empresa del Grupo Anglo American con participación del IFC (Banco Mundial) con el 20% del accionariado.

El yacimiento se encuentra ubicado en la quebrada de Asana a 50km. De la ciudad de Moquegua entre los 3,500 y 4,000 msnm.

El proyecto consiste en la operación de la mina de cobre a tajo abierto a gran escala, cuyas reservas minerales son de 74 millones de TM con una ley promedio de 0.63% de cobre y 0.02% de molibdeno. Se proyecta una vida útil de 44 años con un proceso de flotación convencional destinado a tratar 64,000 TM. Y una posible expansión a 120,000 TM. diarias.

Habiendo concluido con los estudios de factibilidad y de impacto ambiental del proyecto, Minera Quellaveco se encuentra actualmente en proceso para obtener las diferentes licencias como el uso de agua, aprobación de los aspectos ambientales y la adquisición de los terrenos superficiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

El proyecto contempla la explotación del mineral a tajo abierto mediante el proceso de flotación, utilizando equipos de grandes dimensiones aplicando las más modernas técnicas para obtener como producto final los concentrados de cobre y molibdeno. La producción será equivalente a 200.000 TM de cobre fino por año, representando un incremento del 40% de la producción nacional actual.

Para el suministro de agua se ha proyectado un campo de pozos en la cuenca de Chilota, capaz de abastecer los requerimientos de agua para el proceso de 700 litros/seg. como caudal mínimo.

Las 500,000 ton/año de concentrado de cobre serán transportadas al puerto de embarque para su exportación a los principales mercados del mundo.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGÍA

Se diferencia tres unidades geomorfológicas en la región SO del Perú, a las cuales denominamos Llanura Costanera, Flanco Andino y Cadena de Conos Volcánicos.

3.1 LLANURA COSTANERA

Es un terreno llano y árido, constituido por depósitos clásticos semi-consolidados de la formación Moquegua, del Terciario Superior. Las capas de dicha formación tienen un suave buzamiento al Suroeste, semejando en conjunto a un plano inclinado, o más bien a una “pendiente estructural suave”. La formación se encuentra extensamente recubierta por un delgado manto aluvial de piedemonte, de edad cuaternaria.

La formación Moquegua, que fundamentalmente constituye la llanura costanera se supone como el resultado del relleno de una cuenca longitudinal existente entre la cadena costanera y el pie de los Andes. La inclinación regional que muestra, así como las flexuras que la afectan deben haberse producido en relación con el movimiento ascensional de los Andes y el reajuste de las grandes fallas longitudinales del Frente Andino, que facilitaron en parte dichos movimientos.

La Llanura Costanera se encuentra disectada por numerosas quebradas profundas y secas, verdaderos cañones que corren en dirección Suroeste. Las secciones planas entre dos quebradas contiguas reciben la denominación de “pampas”. Cada quebrada mayor tiene muchos tributarios que surcan las diversas pampas formando un drenaje dendrítico complicado y de difícil acceso. El paisaje típicamente es de “tierras malas”.

3.2 FLANCO ANDINO

Es un territorio formado de rocas volcánicas y macizos intrusivos. En conjunto muestra una topografía abrupta y bastante disectada.

El límite entre ambas unidades geomorfológicas es clara; consiste en un cambio notable de pendiente, que va de una relativamente suave, en las pampas de la costa, a otra bastante empinada en la parte baja y frontal del Flanco Andino. Al Sureste del valle de Moquegua el cambio de pendiente sigue un alineamiento definido de NO-SE; en tanto que al Noreste del mismo valle las estribaciones andinas terminan en una escarpa de dirección Este - Oeste, tal como se aprecia en la parte frontal de los cerros Los Angeles, Estuquiña y Huarancane, que se levantan a escasa distancia al norte de la ciudad de Moquegua.

En el Flanco Andino se distinguen dos configuraciones:

- a) La parte baja, que se desarrolla inmediatamente después de la Llanura Costanera, es un terreno de fuerte pendiente y de topografía difícil que se eleva rápidamente hasta altitudes de 3.100 a 3.400 m.s.n.m.

En esta porción del flanco Andino destacan entre otros aspectos los siguientes rasgos morfológicos:

La depresión del área de Torata que es un anfiteatro de erosión fluvial, está limitada por la línea de cumbres de los cerros Los Angeles, Estuquiña y Huarancane, por el espolón del C° Huanaco en el Oeste, todo lo cual hace suponer que han sido totalmente removidos por erosión.

- b) La parte alta del Flanco Andino, que sigue inmediatamente al frente abrupto empinado, es un terreno de superficie moderadamente ondulada e inclinada al Suroeste, con algunos sectores planos.

La pampa del Medio (en el borde oriental), la pampa Tolar, el Alto de Tala, la parte superior de los cerros Botiflaca, Camaca y otros son rezagos de una superficie antigua de erosión recubiertos por los tufos Huaylillas y separadas, unas de otras, por las profundas quebradas que la atraviesan. En conjunto la sección que tratamos se visualiza como una repisa de ancho variable que se desarrolla delante de la zona de conos volcánicos.

El borde de la repisa queda a altitudes de 3.200 a 3.400 metros, en partes está señalado por una especie de acantilado de erosión, de contorno irregular. Es notorio que la mencionada superficie de erosión se extendía hacia la costa suavemente inclinada; el hecho está señalado por las cimas casi planas de muchos cerros del Frente Andino, que idealmente reconstruidas corresponden a la misma superficie que viene a terminar en el borde de las pampas costaneras.

La mencionada superficie fue extensamente cubierta por los tufos de la formación Huaylillas, tal como nos indican los remanentes aislados de dicha formación. Tanto la superficie de erosión como su cobertura de tufos se pierden hacia el Este y Noreste, por debajo de los conos volcánicos que se yerguen en el extremo NE del cuadrángulo de Moquegua.

3.3 CADENA DE CONOS VOLCANICOS

El borde occidental del altiplano meridional, desde los 16° de latitud, hacia el Sur se desarrolla una faja montañosa formada por una sucesión de conos volcánicos, a la que denominamos Cadena de Conos Volcánicos.

La cadena volcánica tiene un ancho de 20 a 30 km. Con rumbo NO - SE; en parte coincide con la Divisoria Continental y en grandes sectores queda algo más al Oeste de dicha línea.

Toda la zona volcánica ha sido afectada por la glaciación cuaternaria. Rasgos morfológicos de erosión glaciár como circos, superficies estriadas, pequeñas lagunas en cubetas rocosas, con diques morrénicos y crestas filudas, etc., son comunes en los flancos de los volcánes.

CAPITULO IV

GEOLOGÍA

4.1 TOPOGRAFIA

Los rasgos físicos del área cubierta son variados, en la parte meridional se encuentran los terrenos llanos y áridos de la costa que constituyen la llanura costanera y en el extremo Noreste la Cadena de Conos Volcánicos de la Cordillera Occidental; entre ambos se desarrolla un territorio semiárido, muy disectado y de fuerte pendiente, que corresponde al Flanco Andino vertiente del Pacífico.

El llano de la costa, o pampas costaneras como se llama también, es un territorio que se encuentra entre 1.000 a 2.200 metros de altitud, con una suave inclinación al Suroeste.

Las pampas costaneras están profundamente disectadas, los valles son en su mayoría secos, durante las lluvias eventuales que tienen lugar dentro de periodos relativamente largos, se originan torrentes y aluvionamientos que dejan sus cauces cubiertos de lodo y piedras.

Los únicos valles que tienen algo de agua por temporadas durante el año, son Moquegua, Cinto y Locumba; también son los únicos lugares cultivados; el resto del área de las pampas costaneras es completamente árido y con escasas posibilidades de agua subterránea; sin embargo, grandes partes son susceptibles de transformarse en terrenos de cultivo mediante irrigaciones.

Hacia el Norte y Noreste el llano de la costa termina en un cambio de pendiente bastante brusco, de rumbo NO-SE, que da paso al Flanco Andino.

El Flanco Andino se extiende al Norte y Noreste de las pampas costaneras, es un territorio escabroso y muy disectado que se desarrolla entre 2.000 y 4.000 metros de altitud. En él se distinguen claramente dos rasgos bien definidos: la parte inferior, la que sigue inmediatamente a los llanos de la costa, es bastante empinada, pues se levanta rápidamente hasta altitudes de 3.100 y 3.400 metros; la parte superior es un terreno suave a manera de repisa o escalón, que luego pasa al flanco de la cadena de conos volcánicos.

Otro rasgo importante en el Flanco Andino del área de Moquegua es el gran anfiteatro de erosión fluvial del área de Torata, en el fondo de esta concavidad se encuentra el pueblo del mismo nombre.

4.2 HIDROGRAFIA

La región desagua al Pacífico, siendo los ríos Moquegua y Locumba de régimen temporal, los más importantes en esta región.

El río Moquegua 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 provenientes de los deshielos 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 encuentran dentro 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.

El río Tumulaca es el tributario principal, inicialmente toma el nombre de río Asana. Después de un corto recorrido con dirección Suroeste, sigue al Oeste hasta alcanzar el paraje de Tumulaca; en este sector, el río discurre en una quebrada bastante profunda y de laderas empinadas. La corriente es torrenciosa y el volumen de agua normalmente es muy pequeño con relación a la profundidad del valle. En el tramo citado recibe por su margen derecha varios riachuelos que provienen de los nevados Arundane y por el lado izquierdo las aguas temporales del río Capillune. Este tiene su origen en el flanco sur del volcán Chuquiamanta y después de un corto recorrido, con dirección sur, dobla al Oeste-Noreste, cruzando casi diagonalmente al cuadrángulo por su parte central, hasta alcanzar el río Asana, a unos kilómetros aguas arriba del villorío de Tumulaca.

El río Torata y sus tributarios riegan la parte Noroccidental, las nacientes de estos ríos quedan en la vertiente alta de los Andes, todos son torrenciosos y sus caudales varían notablemente a través del año; en época de lluvias el caudal es abundante y durante el estiaje disminuye notablemente hasta secarse completamente en muchos casos.

El valle de Torata en su mayor parte es profundo y de laderas bastante empinadas a casi verticales, sólo en el tramo que queda aguas arriba y aguas abajo del pueblo de

Torata los flancos del valle se encuentran tendidos y los terrenos son aprovechados en agricultura.

4.2.1 Recursos Hídricos Superficiales

El ministerio de Agricultura y la Cooperación Técnica del Gobierno Español, elaboraron en el año de 1990, El Estudio de Recursos Hídricos en el Perú. Se señala 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.

4.2.2 Recursos Hídricos Subterráneos

En el valle de Moquegua los principales acuíferos lo constituyen los volcánicos Toquepala y la formación Moquegua, sobreyace a estos sedimentos aluviales y aluvionales del Cuaternario, permeables cuya potencia alcanza a 100 metros, y que constituyen acuíferos excelentes.

Antes del sismo del 23 de junio se habían contabilizado 18 manantiales, algunos con caudales hasta de 40 litros/seg, desde el valle de Torata hasta el valle de Moquegua, el origen proviene de las filtraciones de la cordillera; así mismo filtraciones de agua de los ríos Tumilaca y Torata. La ciudad de Moquegua descansa sobre depósitos deluviales poco permeables donde no es posible la presencia de acuíferos importantes por su configuración y por su bajo nivel de precipitación.

4.3 RECURSOS NATURALES

En el área estudiada los recursos de agua, tierras de cultivo y pastos, son escasos, en consecuencia la producción agrícola y ganadera, y sus derivados manufacturados, son de pequeña escala. Por otro lado, los recursos mineros, especialmente los cupríferos, son cuantiosos.

La agricultura está reducida a la explotación de los terrenos cultivables que existen a lo largo del fondo o piso de los valles, por lo general las tierras agrícolas están muy parceladas.

En el valle de Moquegua se cultivan plantas de clima cálido, tales como la palta, vid, frutales de toda clase, maíz, alfalfa y otros recursos de pan llevar. En los tramos superiores del río Moquegua, mejor dicho en los valles de sus tributarios que atraviesan el flanco andino, la agricultura se reduce a la siembra de alfalfa, maíz, papa, habas, trigo, cebada, hortaliza, etc., hasta altitudes que llegan a 3.000 - 3.200 m.s.n.m., por arriba de estos niveles no hay sembríos.

En general, la producción agrícola apenas logra abastecer las necesidades locales; también cabe mencionar que se ha incrementado la productividad de paltas; Gracias al convenio Español PADA se ha conformado la cooperativa Guadalcazar, que en la actualidad pone este producto en los mercados de Lima y del Exterior. También se viene promocionando el cultivo de la vid, cultivo tradicional de esta ciudad, a la fecha están registradas 10 empresas dedicadas a la transformación de la vid, en Vino, Pisco, Anisado, coñac, macerados; la calidad de estos productos se debe en gran parte al clima y al suelo que le agrega a los productos un sabor y aroma especial.

La ganadería está representada principalmente por la crianza de vacunos en los sectores bajos y por ovinos y llamas en las partes altas; La producción de leche es destinada al consumo local, a la empresa de leche Gloria y a empresas de transformación de derivados lácteos de quesos Yogurt etc.

La minería es la actividad productiva más importante en Moquegua. En el cuadrángulo quedan los depósitos cupríferos de Toquepala, Quellaveco y Cuajone, con una reserva acumulada del orden de 1.200 millones de T.M. de mineral con ley de 0.8 a 1% de cobre.

Además de los yacimientos citados, existen en el área depósitos más pequeños, que a la fecha se encuentran inactivos. Para usos locales en forma esporádica se explotan las areniscas y arcillas del miembro inferior de la formación Moquegua.

4.4 ESTRATIGRAFIA

4.4.1 Grupo Toquepala.

Conjunto de rocas volcánicas, con algunas intercalaciones de clásticos gruesos, que afloran a lo largo del Flanco Andino, desde los cerros La Caldera, en Arequipa, hasta la frontera con Chile.

El grupo Toquepala se ha dividido en las siguientes formaciones:

- Volcánico Quellaveco.
- Volcánico Paralaque.
- Formación Inogoya.
- Formación Toquepala.

4.4.1.1 Formación Toquepala.

La formación se compone en la parte inferior, de derrames, brechas de flujos piroclásticos de composición andesítica, dacítica y riolítica de color gris, gris verdoso, pardo y violeta; en la parte media incluye lentes de conglomerados u areniscas de color verdoso a marrón, y en la parte superior derrames y brechas de flujos riolíticos, de colores pardo claro y aglomerados de color blanquesino, rosado o verdoso. La secuencia tiene un grosor de 650 - 700 m.

4.4.1.2 Formación Inogoya.

En la localidad típica la formación Inogoya tiene 430 metros de grosor. En la mitad inferior se compone de conglomerados muy gruesos, de naturaleza volcánica y matriz areno-tufácea; la roca es de color marrón claro a gris verdoso y los elementos del conglomerado son principalmente pórfidos con tamaño que varía desde pocos centímetros hasta cerca de 100 cm. de diámetro; La parte superior es areno-tufácea de color pardo a verdoso, con bandas y lentes de conglomerados de elementos medianos a pequeños.

4.4.1.3 Volcánico Paralaque.

El nombre de esta formación deriva de la hacienda Paralaque, ubicada en las laderas del río Quele, a unos 5 Km. al NO de Torata.

En la ladera que se extiende al este de dicha hacienda, aflora una secuencia de rocas volcánicas de más de 2000 metros de espesor, compuesta mayormente por derrames de dacita, riolita y andesitas, de colores marrón y rosado claro con intercalaciones de piroclásticos y lentes de conglomerados en el tercio superior. Los derrames volcánicos tienen rumbo general NO con buzamientos que varían desde pocos grados hasta 30° y 35° al N y EN

4.4.1.4 Volcánico Quellaveco.

El Pórfido Quellaveco aflora en forma muy restringida en los alrededores de las minas Cuajone, Quellaveco y Toquepala; la Serie Toquepala es completamente local, incluye derrames de pórfido cuarcífero, andesitas y riolitas, y sólo aflora en una pequeña colina que se yergue al lado NO del tajo abierto de la mina de Toquepala; La Serie Alta comprende derrames y piroclásticos de andesita, riolitas, dacitas, etc., que afloran ampliamente en faja arriba citada.

En la misma zona existen dos unidades volcánicas típicamente diferentes a las anteriores y con afloramientos muy locales, a las que hemos denominado Riolitas Yarito y Riolita Tinajones, en atención al nombre de los cerros que las forman.

4.4.2 Formación Moquegua.

ADAMS (1908), describió como Formación Moquegua a la serie de capas continentales, compuestas por arcillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufáceas y tufos de color rojizo a blanco amarillento, que afloran típicamente en el valle de Moquegua y se extienden por centenas de kilómetros, tanto al Norte como al Sur de dicho valle, entre la Cadena Costanera y el pie de la Cordillera occidental.

La Formación Moquegua sobreyace, con fuerte discordancia a las rocas volcánicas del Grupo Toquepala, tal como se observa en el valle de Moquegua, así como en la parte baja de la mina Toquepala, en las inmediaciones de Ilabaya, etc.

En otras localidades fuera del cuadrángulo sobreyace a formaciones más antiguas, como es el caso de la Formación Guaneros, del Jurásico Superior y sobre la superficie erosionada de rocas intrusivas pertenecientes al batolito.

Sobre la formación Moquegua se reconocen remanente de erosión de un banco de tufo blanco de 15 a 20 metros de grosor, a veces más potente, que corresponde a la formación de Huaylillas.

4.4.2.1 Moquegua Inferior.

Este miembro se encuentra bien expuesto en las partes bajas del valle de Moquegua, aguas abajo de la ciudad, Moquegua Inferior consiste en una secuencia de areniscas arcóscicas a tufáceas, de color gris a marrón claro, que alternan de forma casi regular con areniscas arcillosas y arcillas, grises a rojizas. Las areniscas son de grano grueso a medio y se componen principalmente de feldespatos y cuarzo de formas subangulares, con regular cohesión y a veces bastante compacta por su matriz arcillosa. Las areniscas de las partes inferiores se presentan en bancos de 50 a 100 cm. e intemperizan exfoliándose en láminas concéntricas; en las partes superiores las capas son más delgadas. 20 a 50 cm. y predominan los horizontes arcillosos con capitas y venillas de yeso. Se presentan horizontales o suavemente inclinados hacia el Este.

4.4.2 Moquegua Superior.

Este miembro tiene una litología areno-conglomerádica que sobreyace con débil discordancia, a las capas del miembro inferior, tal como se le nota en la parte alta del valle de Moquegua y en los cortes de las quebradas y farallones de la parte meridional de la hoja.

El contraste de color y topografía entre los dos miembros de la formación Moquegua es claro y visible a distancia y permite definir claramente el contacto. Su parte superior está parcialmente cubierta por un banco de tufo blanco del Volcánico Huaylillas, de 15 a 20 m. de grosor.

La litología de Moquegua superior es principalmente areno-conglomerádica y secundariamente se intercalan tufos de areniscas, tufáceas, arcillas, tufos redepositados, etc. Su grosor, textura y estructura varían de un sitio a otro tal como se les observa en la parte central del borde septentrional del cuadrángulo.

4.4.3 Formación de Huaylillas.

Esta unidad estratigráfica fue descrita por WILSON y GARCÍA (1962) como una secuencia volcánica compuesta principalmente por tufos y subsidiariamente por derrames lávicos ácidos de colores blanco y rosado, que cubren extensas áreas de los cuadrángulos de Pachía y Huaylillas.

En la hoja de Moquegua el Volcánico de Huaylillas se presenta mayormente en el sector norte del cuadrángulo, donde sus afloramientos se hallan distribuidos a manera de pequeños parches irregulares o en forma de lenguas que cubren las superficies que quedan entre quebradas adyacentes. La solución de continuidad de dichos afloramientos indica intensa remoción de estas rocas de naturaleza relativamente blanda.

El Volcánico Huaylillas del área de Moquegua, fundamentalmente consiste de tufos dacíticos y riolíticos de colores blanco grisáceo, gris blanquecino y rosado. Estas rocas superficialmente intemperizan a pardo rojizo o pardo amarillento y destacan notablemente en el paisaje por su color y por sus farallones verticales que se forman por erosión en el contorno de sus afloramientos.

4.4.4 Formación Capillune

El nombre de Formación Capillune fue propuesto por MENDIVIL (1962), para describir a una secuencia de conglomerados, areniscas, arcillas y tufos redepositados de origen lacustre, que aflora típicamente en la localidad de Capillune, del cuadrángulo de Maure.

La mencionada formación tiene amplia distribución en el altiplano andino y sus afloramientos, en capas horizontales, de color blanco amarillento, son bien conspicuos.

La formación aflora en los alrededores del poblado de Asana, (cabecera del río del mismo nombre). En esta localidad la formación suprayace, con discordancia, a los tufos Huaylillas e infrayace, con igual relación a los volcánicos Barroso. En las paredes del amplio valle glaciar que se desarrolla aguas arriba del poblado de Asana,

se reconoce una sección de 220m. de conglomerados con intercalaciones de areniscas.

La naturaleza de los sedimentos de la formación Capillune indican depositación en un ambiente continental lacustre, por medio de fuertes corrientes, probablemente de corto recorrido. La gran extensión que cubren estos depósitos de litología algo variada, sugiere que se trata de una cubeta de amplia o de numerosas cuencas conectadas entre sí.

4.4.5 Formación Barroso.

WILSON y GARCÍA (1962) describen con esta denominación una serie de rocas volcánicas de composición predominantemente andesítica, traquítica y tranquiandesítica, que conforman la Cordillera del Barroso, en la hoja de Palca. La cadena volcánica mencionada, con sus conos típicos, se prolongan hacia el Noroeste por los cuadrángulos de Maure y Tarata y pasa por la esquina Noreste de la hoja de Moquegua, donde esta representada por los volcanes Arundane (5.247m.) y Chuquimanta (5.428m.) de rocas andesíticas cuyas cimas quedan en los cuadrángulos de Omate y Tarata, respectivamente.

Las rocas de la formación consisten en derrames intercalados con brechas de flujo y piroclásticos, son de color gris claro, gris pardo hasta gris oscuro.

Los derrames son mayormente de andesitas basálticas, tienen textura porfirítica, con fenocristales de feldespatos de 1 a 2 mm. de longitud que muestran cierta orientación, distribuidos en una pasta fina gris parda.

4.4.6 Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares.

En la esquina Noreste del cuadrángulo, cubriendo los flancos bajos de los volcanes Arundane y Chuquiamanta se ha mapeado, en forma indiferenciada, depósitos morrénicos y fluvioglaciares.

Estas acumulaciones se extienden entre altitudes de 4.200 a 4.800 metros; por arriba de esta cota aparecen mayormente rocas descubiertas y en las cumbres del Arundane existe una cubierta parcial de nieve. Pequeñas morrenas laterales y terminales se encuentran bien conservadas en las partes superiores de las áreas cubiertas por depósitos glaciáricos; las primeras se presentan como colinas largas de crestas bien definidas a ambos lados de los valles glaciares. El material morrénico se compone de una mezcla heterogénea de cantos angulosos de rocas volcánicas en una matriz areno-arcillosa; en los flancos de dichas morrenas es común observar gruesos bloques erráticos.

4.4.7 Depósitos Aluviales.

Bajo esta denominación general se ha empleado, en forma indiferenciada, las acumulaciones aluviales de piedemonte, las terrazas aluviales y los conos de deyección.

En la hoja de Moquegua estos depósitos de piedemonte de encuentran bien desarrollados inmediatamente delante del Frente Andino, entre los valles de Moquegua y Locumba. En las pampas: Lagunas, pascana, del Choro, del totoral, etc., el manto aluvial se compone de cantos redondeados, subangulosos y angulosos de

toda clase de tocas, pero mayormente volcánicas de colores morado, pardo, negro, etc., cuyas dimensiones varían entre 5 a 30 cm. de diámetro, englobados en una matriz areno-arcillosa.

Muy aisladamente se observan lentes de areniscas y tufos redepositados. Superficialmente de color pardo rojizo y forma de lomadas suaves. El grosor de esta cobertura aluvial así como el tamaño de los elementos que lo componen varían de Norte a Sur; en las porciones contiguas al frente andino tiene de 40 a 50 m. de espesor o algo más.

Se supone que estos conglomerados se han depositado por la acción de numerosos torrentes que descendían de las porciones superiores del Flanco Andino. Los abanicos aluviales de los diversos torrentes fueron incrementados en grosor y amplitud lateral hasta anastomosarse unos con otros y constituir una cubierta aluvial continua del tipo piedemonte.

Este proceso se habría llevado a cabo en una época de abundante escorrentía originada por el deshielo de los glaciares que cubrían las cumbres de la Cordillera Occidental.

4.4.8 Terrazas Aluviales.

Localmente, en los tramos superiores de los valles de los ríos de Torata y Moquegua, se distinguen angostas franjas de terrazas aluviales formadas por conglomerados en matriz arenosa, que quedan entre 3 a 5 metros sobre el lecho del río, las cuales son aprovechadas en la agricultura.

La parte media de los mismo valles, tienen paredes empinadas y no se notan vestigios de terrazas, salvo algunos depósitos coluviales o abanicos de superficies empinadas, originados por los torrentes tributarios.

En la margen derecha del río Moquegua, frente a Moquegua se observa una terraza, a unos 30 metros aproximadamente sobre el lecho del río, la cual se encuentra parcialmente cubierta por los desbordes del acarreo del río Torata y por los materiales coluviales provenientes de los flancos del cerro Los Angeles.

4.4.9 Conos Aluviales.

Los torrentes subsidiarios a los ríos troncales han depositado en su desembocadura todo tipo de materiales clásticos que muestran la forma típica de conos o abanicos aluviales.

La composición de estos depósitos es muy heterogénea; consisten en gravas y bloque angulosos de tamaños muy variables, mezclados con materiales terrosos, arcilla y lodo.

Las parte frontales de los conos están erosionadas, en la mayoría de los casos, por el río y en los cortes se puede notar su estructura lenticular.

Buenos ejemplos de conos aluviales se distingue en ambos lados del valle de Moquegua, y a lo largo del valle de Locumba.

4.4.10 Depósitos Coluviales.

Los depósitos coluviales son muy pequeños y no tiene mayor significación geológica en el área.

La acumulación más importante de esta clase de depósitos se encuentra en la ladera izquierda del río Quele, justo al lado NO de los cerros Camaca e Ichupampa donde, la fragmentación en bloques de los tufos de la formación Huaylillas, han cubierto una gran parte de dicha ladera.

Los fragmentos y bloques hasta de 2 m. de sección están acumulados en forma muy caótica, originando en conjunto una topografía muy irregular.

4.4.11 Depósitos Fluviales.

A esta clase de depósitos corresponde las gravas, arenas y arcillas que están en proceso de transporte y depositación por los ríos actuales; consisten de toda clase de materiales clásticos sueltos, desde bloques gruesos hasta arcillas con predominio de conglomerados y arenas, en forma de bancos de gravas o pequeñas playas de arena a lo largo del lecho de los ríos; los depósitos aluviales inmediatos a sus márgenes, ligeramente más altos, son utilizados como terrenos de cultivo. Durante las avenidas, parte de estos terrenos, que corresponden al piso del valle, son a veces parcialmente inundados por el río renovándose el transporte y la sedimentación.

Los depósitos fluviales más importantes se encuentran a lo largo del fondo del valle del río Moquegua, desde la localidad de Tumilaca hacia abajo. Su mayor ancho queda en las vecindades de la ciudad de Moquegua, en la confluencia de los ríos Torata y Moquegua, para luego angostarse a una faja variable entre 200 - 300 m. río abajo.

4.4.12 Rocas intrusivas

En el área del cuadrángulo de Moquegua, las rocas intrusivas afloran en la parte media septentrional, principalmente a lo lago del Flanco Andino, con un desarrollo NO- SE, es decir aproximadamente diagonal a la hoja.

El tamaño de los intrusivos observados y mapeados varía desde apófisis hasta stocks de dimensiones más o menos considerables y en el paisaje los cuerpos más grandes destacan por su topografía prominente y en algunos casos; por su coloración.

Se ha cartografiado a las rocas intrusivas de la hoja de Moquegua, agrupándolas en las siguientes clases:

- a) Diorita - granodiorita.
- b) Granito.
- c) Monzonita cuarcífera y dacitas.
- d) Chimeneas de brecha.
- e) Cuello volcánico.
- f) Dique de aplita.

Este orden también corresponde al emplazamiento relativo de los cuerpos intrusivos.

La geología de las inmediaciones de la ciudad de Moquegua se presenta en la Figura N° 3

CAPITULO V

GEODINAMICA INTERNA Y EXTERNA

5.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA

5.1.1 Sismicidad

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

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.

5.1.1.1 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 trajo 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, Hawaii, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelanda.

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,plicas. La ola sísmica originada por esa conmoción se extendió casi por todo el Pacífico, llegando hasta las costas de Nueva Zelanda 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. S. 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 fu, 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, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K.(Medvedev, Sponheuer y Karnik)(Fig. 4), 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. y -71.648° long. W., con una profundidad focal de 60 Km. y una magnitud 6.3.

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 en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Fig. 5). 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. 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 cornizas removidas, este sismo fue, sentido en Puno, en los Puertos de Matarani y Mejía tuvo una Intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli, en la ciudad de Arequipa se sintió con una magnitud de 6.0 y una intensidad de grado VIII (Fig. 5); 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. 6)

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 réplicas.

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, Las intensidades se presentan en la Fig 7 .

5.1.1.2 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, están relacionadas 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 considera 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 Litosferita oceánica más antigua (> 70 ma, 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 de subducción.

*** 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**

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 el plano de subducción.

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 tiene un ángulo de subducción entre 5 y 10 grados hacia el Este, o sea 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 (Jordán 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 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 contorsión 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 sobre el plano 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 de Benioff sobre la región andina, sin embargo ésta vuelve aparecer cerca de los 500 Km., lo que conduce a especulaciones sobre la continuidad en profundidad de la zona de Benioff, 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 de subducción, 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 de Benioff 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.

5.1.1.3 Análisis de la sismicidad

Distribución epicentral en el área de estudio.- La distribución epicentral se encuentra representada en las Figuras 8 y 9, las cuales representan todos los sismos disponibles para el área de estudio. La Figura 8 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, 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 determinando de esta manera el plano de Benioff en esta región. 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.

Sin embargo dada la escasez de datos para el Sur del Perú contenidos en el catálogo de Engdahl no es posible determinar fuentes sismogénicas significativas asociadas a estructuras activas en el interior del continente, por tal motivo ha sido necesario utilizar información de campañas sísmicas locales.

En la Figura 9, a diferencia de la Figura 8, 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, 1969, 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 140 km. 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 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 una magnitud de 2.5 a 4.0 como se puede ver en el catálogo obtenido a través del reprocesamiento de 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. 10) 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.

5.1.2 Deslizamientos

Por la topografía reinante en las inmediaciones de la ciudad sobre todo en los sectores de El Siglo, Mariscal Nieto y San Francisco, deberán evitarse en el futuro que se sigan construyendo en las laderas de fuerte pendiente debido a la inestabilidad de taludes y en los sectores donde ya existe edificaciones se deberá tomar decisiones técnicas para estabilizar los taludes a fin de evitar daños en el caso de la ocurrencia de sismos o una precipitación pluvial de gran magnitud.

5.2 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA EXTERNA

5.2.1 Inundaciones

La ciudad de Moquegua registra un índice de precipitación pluvial bajo, sin embargo en épocas excepcionales como en el año de 1993 donde alcanzó los 100 mm en tres días ocasionó aniego y acumulación de aguas en varios sectores de la ciudad, debido fundamentalmente a la falta de continuidad de las calles y avenidas, el truncamiento de torrenteras y a la falta de una planificación para la evacuación de las aguas.

Por consiguiente en base a la topografía y al plano urbano, se ha identificado sectores críticos en la ciudad que deberán tomarse en cuenta para efectuar un proyecto de drenaje para evitar la acumulación de las aguas.

5.2.2 Activación de quebradas

Aún cuando las condiciones de precipitación no son extremas en Moquegua, sin embargo en los sectores peligrosos que tienen edificaciones se deberán tomar las medidas pertinentes como es el caso de la Quebrada El Cementerio, por si ocurre una precipitación mayor.

En las quebradas que circundan San Antonio y Chen Chen deberán prohibirse la construcción de edificaciones, para evitar futuros desastres de producirse una gran precipitación.

CAPITULO VI

IDENTIFICACION DE PELIGROS

6.1 PROSPECCION GEOFISICA

Para determinar la calidad y potencia de los suelos de la zona de estudio, se ha utilizado los métodos geofísicos de Refracción Sísmica y de Sondaje Eléctrico Vertical, perfiles y Calicatas, ver Anexo I-Plano 1.

6.1.1 Refracción Sísmica

6.1.1.1 Interpretación sísmica de la zona de los Angeles

En la zona de los Ángeles (Cuadro 6) ubicada en la margen izquierda de la ciudad de Moquegua se efectuaron tres perfiles de refracción sísmica. El primero de ellos en la parte superior de la cancha deportiva, determinándose tres horizontes el primero con una velocidad de 375.00 m/seg. con un espesor de 2.57m, que estratigráficamente correspondería a un depósito deluvial compuesto por gravas de forma angulosa a subangulosas en una matriz de arena limosa a arenosa, poco consolidada, la segunda estructura tiene una velocidad de 685.71m/seg. con una potencia de 16.18m. que correspondería a material gravo-arenoso algo más consolidada y subyaciendo a esta estructura se determinó un material con una velocidad de 2470.59m/seg. que de acuerdo a las consideraciones geológicas de la zona correspondería a un depósito aluvial densa y masiva en una matriz de gravilla con arena gruesa, correspondería a un conglomerado con fragmentos redondeados a subredondeados.

El segundo y tercer perfil de refracción sísmica se realizó en la parte superior e intermedia de Los Ángeles determinándose una estructura, con una velocidad de 363.64m/seg., con espesores entre 1.12m. a 2.98m. que corresponde a un material arenoso con gravas, el espesor de esta estructura no fue determinada en el segundo perfil sísmico, mientras que en el tercero tiene una potencia de 17.93m. y una velocidad de 700 m/seg. que en ambos perfiles correspondería a un material gravo arenoso medianamente consolidado, subyaciendo a esta estructura en el tercer perfil, tenemos un horizonte con una velocidad de 1794.87m/seg. que correspondería a conglomerado bastante consolidado.

CUADRO 6
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LOS ANGELES

	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
PRS.	V ₁ (m/s)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/s)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/s)	Z ₃ (m)	ΣZ(m)
1	375.00	2.57	685.71	16.18	2470.59	--	18.75
2	363.64	2.98	789.47	--	--	--	2.98
3	363.64	1.12	700.00	17.93	1794.87	--	19.05

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

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

Z_1, Z_2, \dots Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Los suelos del sector de Los Angeles en su parte superior corresponde a un material poco consolidado por la velocidad encontrada, sin embargo a medida que se profundiza los suelos se van haciendo más competente. A profundidades mayores por su velocidad se infiere que el suelo se encuentra bastante consolidado. Estos suelos corresponden depósitos de origen deluvial.

6.1.1.2 Interpretación sísmica de la zona del Aeropuerto

Este perfil sísmico (Cuadro 7) tuvo una extensión de 125m, encontrándose tres horizontes, el primero con una velocidad de 250m/seg. y un espesor de 2.62m. que está relacionado a una capa superficial de material suelto, el segundo horizonte tiene un espesor de 13.60m. y una velocidad de 2090.91m/seg. que correspondería a un conglomerado medianamente consolidado y el tercer horizonte tiene una velocidad de 2478.26m/seg. que correspondería a un material denso.

CUADRO 7
VELOCIDADES Y ESPESORES DEL AEROPUERTO

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)	ΣZ (m)
1	250.00	2.62	2090.91	13.60	2478.26	--	16.22

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

Conclusiones.- El perfil sísmico del aeropuerto nos indica que luego de la capa de baja velocidad, consistente de material suelto, se encuentra un substrato bastante competente probablemente se correlaciona con un conglomerado, del análisis se deduce que este sería uno de los sectores más estable de Moquegua. Los suelos del sector del aeropuerto son de origen aluvial.

6.1.1.3 Interpretación sísmica de la zona del Siglo

En la zona del Siglo (Cuadro 8) se realizaron dos Perfiles de Refracción Sísmica, con longitudes que varían entre 45m. a 65m.. Determinándose dos estructuras, la primera con una velocidad de 416.67m/seg y un espesor entre 0.81m. a 2.03m., que se correlacionaría con grava arenosa, subyaciendo a este material se ha encontrado una estructura con velocidades de 1100m/seg. a 1276.60m/seg que correspondería a material arenoso medianamente compacto, de acuerdo a las consideraciones geológicas de la zona en donde aflora.

CUADRO 8
VELOCIDADES Y ESPESORES DE EL SIGLO

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)	ΣZ(m)
1	416.67	0.81	1100.00	--	--	--	0.81
2	416.67	2.03	1276.60	--	--	--	2.03

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

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

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

ΣZ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Del análisis de los perfiles sísmicos se deduce una capa sedimentaria poco consolidado de baja velocidad y una inferior de mayor velocidad, los daños registrados en este sector por el sismo del 23 de junio se debería en gran medida por la pendiente y el proceso constructivo deficiente. Los suelos de El Siglo, Mariscal Nieto y Centro de Moquegua son de origen deluvial.

6.1.1.4 Interpretación sísmica de la zona de San Antonio

En la zona de San Antonio (Cuadro 9) se realizaron ocho Perfiles de Refracción Sísmica distribuidos de una manera regular, con diferentes longitudes. Del análisis de la información obtenida en campo, se ha llegado a determinar que en todos los perfiles existe una capa superior de 0.99m. a 2.30m. con velocidades entre 300.00m/seg. a 465.12m/seg. a excepción del perfil sísmico 7, este horizonte está constituido por arenas con gravilla pobremente compactada. Subyaciendo a este horizonte se ha determinado en los perfiles sísmicos 1, 2, 6 y 8 una estructura con velocidades de 666.67m/seg. a 783.78m/seg. y espesores que oscila entre 6.45 m a 14.03 m., mientras que en el perfil sísmico 7 esta estructura está expuesta con una velocidad de 727.27m/seg. y una potencia de 8.84m., no pudiendo determinarse en los perfiles 3 y 4; el material que está asociado a esta estructura es el mismo que el horizonte anterior pero más competente. Por debajo de esta estructura se ha determinado un horizonte con velocidades de 904.76m/seg. a 1750.00m/seg., asimismo en el perfil sísmico 7, se ha determinado una estructura con un espesor de 15.84m., que correspondería a arenisca algo competente, también ha sido posible determinar en el perfil sísmico 7 una estructura con una velocidad de 2440 m/seg. que estaría relacionado con la estructura anterior pero más competente.

CUADRO 9
VELOCIDADES Y ESPESORES DE SAN ANTONIO

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)	ΣZ(m)
1	350.88	0.99	682.93	6.45	904.76	--	7.44
2	449.44	2.21	666.67	11.30	1375.00	--	13.51
3	363.64	1.89	1177.78	--	--	--	1.89
4	328.57	1.97	1400.00	--	--	--	1.97
5	300.00	2.05	822.22	--	--	--	2.05
6	465.12	2.30	925.00	14.03	1644.44	--	16.33
7	727.27	8.84	1266.67	15.84	2440.00	--	24.68
8	363.64	1.51	783.78	10.47	1750.00	--	11.98

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

Conclusiones.- El poblado de San Antonio es complejo desde el punto de vista de la heterogeneidad de su suelo, pero en líneas generales como en los casos anteriores la capa más superficial es de un material poco consolidado, aumentando su velocidad en profundidad por la mayor consistencia del substrato. Los valores altos de velocidad en la parte baja del poblado se correlacionaría con las areniscas de la Formación Moquegua inferior. Los suelos en este sector tienen un origen proluvial/deluvial. Si embargo, esta pampa ha estado disectado por quebradas que luego han sido rellenados, probablemente este es otro factor que ha incidido en los daños en algunos sectores.

6.1.1.5 Interpretación sísmica de la zona de Chen Chen

En esta zona (Cuadro 10) se han efectuado cuatro perfiles de refracción sísmica distribuidos de manera representativa, determinándose cuatro estructuras:

La primera estructura presenta velocidades que oscila de 136.36 m/seg. a 187.50 m/seg. con espesores de 0.16m . a 0.78m., que corresponde a material suelto consistente en arena con grava, la segunda estructura tiene velocidades de 428.57m/seg. a 550.00m/seg. con una potencia de 1.13m. a 6.72m. que correspondería a un material arenoso con gravilla poco consolidado, la tercera estructura tiene espesores que fluctúan de 10.49m. a 26.35m. con velocidades de 857.14m/seg. a 1066.67m/seg. que probablemente sería el mismo material pero algo más compacto, subyaciendo a esta estructura tenemos materiales con una velocidad de 1250.00m/seg a 2066.67m/seg que correspondería a areniscas tufáceas de la formación Moquegua Inferior de acuerdo a la geología de la zona.

CUADRO 10
VELOCIDADES Y ESPESORES DE CHEN CHEN

	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4	TOTAL
PRS.	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)
1	180.00	0.32	428.57	6.72	857.14	10.49	1250.00	17.53
2	187.50	0.16	434.78	4.83	1066.67	26.35	2066.67	31.34
3	136.36	0.78	550.00	3.64	909.09	19.61	1392.86	24.03
4	156.25	0.50	400.00	1.13	750.00	20.05	1275.00	21.68

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

Conclusiones.- Uno de los sectores que se considera para la futura expansión de la ciudad y una posibilidad para la reubicación de los damnificados por el sismo del 23 de junio, las velocidades de las capas superficiales es baja correspondiente a

materiales poco consolidado a medida que profundizamos se hacen más competente. Como en el caso anterior estos suelos son de origen deluvial/proluvial.

6.1.1.6 Interpretación sísmica de la zona del Cercado (Calle Junín)

Dada las condiciones en que se encuentra el cercado de la ciudad de Moquegua (asfaltado)(Cuadro 11), solo fue posible realizar 1 perfil sísmico con una longitud de 25m. en una vivienda que quedo completamente destruida con motivo del sismo del 23 de junio del 2001, determinándose una estructura superficial con una velocidad de 292.30m/seg. y un espesor de 1.21m. que estaría conformado por sedimentos incompetentes, subyaciendo a este horizonte se encuentra un material con una velocidad de 1375.00m/seg. que correspondería a areniscas con cierta consolidación.

CUADRO 11
VELOCIDADES Y ESPESORES DE MOQUEGUA-CERCADO (CALLE JUNIN)

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
	V ₁	Z ₁	V ₂	Z ₂	V ₃	Z ₃	ΣZ(m)
1	292.30	1.21	1375.00	--	--	--	1.21

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

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

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

ΣZ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Este perfil reproduce de alguna manera las características de los suelos encontrados en otros sectores del centro de la ciudad, la capa superficial de baja velocidad por su poca consolidación y velocidades mayores en las capas inferiores. Los suelos del Cercado de Moquegua son de deluviales.

6.1.1.7 Interpretación sísmica de la margen izquierda del ingreso a Moquegua (costado del Cuartel)

En esta zona (Cuadro 12) se realizó un perfil sísmico encontrándose dos estructuras, la primera con una velocidad de 292.30m/seg. y un espesor de 1.21m. que corresponde a material arenoso con gravas subyaciendo a este material tenemos una estructura con una velocidad de 1375.00m/seg. que estaría asociado a un aluvial semi compacto.

CUADRO 12
VELOCIDADES Y ESPESORES, INGRESO A MOQUEGUA (COSTADO DEL CUARTEL)

PRS.	CAPA 1		CAPA2		CAPA3		TOTAL
	V ₁ (m/s)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/s)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/s)	Z ₃ (m)	ΣZ(m)
1	292.30	1.21	1375.00	--	--	--	1.21

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

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

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

ΣZ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- El perfil realizado en la parte baja de la ciudad, nos indica con cierta consistencia un patrón sísmico similar a las anteriores, pero el substrato probablemente difiere a la parte alta de la ciudad por tener orígenes diferentes es decir, son suelos aluviales más estables.

6.1.1.8 Interpretación sísmica de la zona de San Francisco

En el sector de San Francisco (Cuadro 13) se han realizado 3 perfiles sísmicos, obteniéndose velocidades bajas en las capas superiores consistentes en material suelto poco consolidado de arena con grava, en los niveles inferiores este material se encuentra medianamente consolidado, infrayaciendo con velocidades superiores a 1750 m/seg se encontraría parte de la Formación Moquegua inferior consistente en arenisca con presencia de limos y arcillas.

**CUADRO 13
VELOCIDADES Y ESPEORES DE SAN FRANCISCO**

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPÁ 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)	ΣZ(m)
1	266.67	0.55	500.00	7.30	1750.00	--	--	7.85
2	250.00	1.32	441.86	5.89	740.74	12.87	1900	19.78
3	355.56	2.26	1155.56	--	--	--	--	2.26

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

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

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

ΣZ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Los mayores daños registrados en Moquegua se encuentra concentrado en el Centro y en San Francisco, las velocidades en su parte superior es baja, que se correlaciona con un material poco consolidado. En gran sector de San Francisco aflora la arenisca arcósica con presencia de limos y arcillas de la Formación Moquegua inferior, estas en condiciones normales son bastante consistentes y estables

6.1.2 Sondaje Eléctrico Vertical

Se ha realizado estudios de Resistividades empleando el método de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), ejecutándose un total de 08 SEVs, distribuidos en el área de estudio de acuerdo a las necesidades requeridas.

6.1.2.1 Interpretación Geolétrica de San Antonio

En el Cuadro 14, se describen los valores de resistividades y espesores de San Antonio.

**CUADRO 14
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPEORES DE SAN ANTONIO**

SEV N°	Coordenadas	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
1A	17°12.410' 70°56.354'	416	1.3	30	6.2	63	5.6	5	26.7	9	43.6	314	---
1B	17°12.406 70°56.748'	98	0.5	472	0.4	52	3.1	4	20	9	-----	-----	-----
1C	17°12.499' 70°57.342'	264	0.5	52	0.8	176	1.3	6	47.4	15	-----	-----	-----

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

*** Descripción de los Horizontes Geoelectricos (San Antonio)**

Horizonte H1.- En este horizonte sus resistividades, varía entre 98 y 416 Ohmios-metro y espesores entre 0.5 y 1.3 metros, esta primera estructura geoelectrica estaría constituida por material inconsolidado de características areno gravoso, carentes de humedad.

Horizonte H2.- Sus resistividades, varían entre 30 y 472 Ohmios-metro y espesores entre 0.4 y 6.2 metros; posiblemente constituida por materiales areno gravoso algo consolidado, la variabilidad de la resistividad depende del contenido de humedad y de salinidad de la estructura.

Horizonte H3.- Sus resistividades, varía entre 52 y 176 Ohmios-metro y espesores entre 1.3 a 5.6 metros; constituido probablemente por material areno - arcilloso.

Horizonte H4.- Presenta valores bajos de resistividad, los mismos que van desde 4 a 6 Ohmios-metro y un espesor entre 20 y 47.4 metros, estaría constituida por material areno -arcilloso con presencia de sales y cierto grado de humedad.

Horizonte H5.- Presenta también bajos valores de resistividad, las que van desde 9 a 15 Ohmios-metro y su espesor sólo se ha podido determinar en el SEV1A con 43.6 metros. Está constituido por los mismos materiales de la estructura anterior, pero menos resistivo.

Horizonte H6.- Esta estructura sólo se presenta en el SEV 1 y tiene una resistividad de 314 Ohmios-metro y de espesor indefinido, representaría a una estructura más sólida.

Se ha elaborado un perfil geoelectrico correlacionando los tres sondeos verticales realizados, el mismo que puede verse en el Anexo C-Fig. 1.

6.1.2.2 Interpretación Geoelectrica de San Francisco

En el Cuadro 15, se muestran los valores de resistividades y espesores de la zona de San Francisco.

**CUADRO 15
 VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE SAN FRANCISCO**

SEV N°	Coordenadas	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
2	17°11.711' 70°56.717'	26	0.5	707	0.5	29	5.5	4	20.6	12	152.9	30	----
3	17°11.510' 70°56.761'	12	0.4	38	1.9	89	5.5	13	57.2	11	158	83	----

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

*** Descripción de los Horizontes Geoeléctricos (San Francisco)**

Horizonte H1.- Presenta resistividades de 12 y 26 Ohmios-metro y espesores de 0.5 y 0.4 metros, esta primera estructura geoeléctrica estaría constituida por material areno gravoso, con poco contenido de humedad e inconsolidado.

Horizonte H2.- Tiene resistividades de 707 y 38 Ohmios-metro y espesores de 0.5 y 1.9 metros; posiblemente constituida por materiales areno gravoso algo más consolidado, la variación de la resistividad dependería del contenido de humedad y de salinidad de la estructura.

Horizonte H3.- Esta estructura geoeléctrica presenta resistividades de 29 y 89 Ohmios-metro y espesor de 5.5 metros; constituida probablemente por el mismo tipo de material de los estratos superiores, con cierta variación en su granulometría y compacidad.

Horizonte H4.- Este horizonte geoeléctrico presenta bajos valores de resistividad de 4 y 13 Ohmios-metro y espesor de 20.6 y 57.2 metros, estaría constituida por areniscas con cierto grado de humedad y presencia de sales en las mismas.

Horizonte H5.- Estructura geoeléctrica análoga a la anterior, presenta bajas resistividades de 12 y 11 Ohmios-metro y espesores de 152.3 y 158 metros respectivamente. Estaría constituido por los mismos materiales de la estructura anterior, pero con mayor humedad.

Horizonte H6.- Esta estructura tiene resistividades de 30 y 83 Ohmios-metro y de espesor indefinido, representaría una estructura fuertemente compactada con poco contenido de humedad.

Estos sondeos realizados no se han podido correlacionar por estar en sectores diferentes, se han obtenido dos perfiles en forma individual los mismos que se pueden observar en el Anexo C-(Figs. 2 y 3).

6.1.2.3 Interpretación Geoeléctrica de la Zona del Aeropuerto

En el Cuadro 16, se muestran los valores de resistividades y espesores encontrados en la Zona del Aeropuerto.

**CUADRO 16
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DEL AEROPUERTO**

SEV N°	Coordena da	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
4	17°10.665' 70°55.657'	10800	0.7	880	2.6	206	9.7	49	16.3	84	76.7	12	----

H1 - Horizonte geoeléctrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoeléctrica

*** Descripción de los Horizontes Geoeléctricos (Zona del Aeropuerto)**

Horizonte H1.- Presenta una resistividad de 10800 Ohmios-metro y espesor de 0.7 metros, esta primera estructura geoeléctrica estaría constituida por material areno gravoso, totalmente seca.

Horizonte H2.- Tiene resistividad de 880 Ohmios-metro y espesor de 2.6 metros; posiblemente constituida por materiales aluvial, con cierta compactación y secos.

Horizonte H3.- Esta estructura geoeléctrica presenta resistividad de 206 Ohmios-metro y espesor de 9.7 metros; constituida probablemente por material aluvial con una pequeña presencia de humedad.

Horizonte H4.- Este horizonte geoeléctrico presenta un valor intermedio de resistividad de 49 Ohmios-metro y espesor de 16.3 metros, estaría constituida por material aluvional con humedad y probable presencia de sales.

Horizonte H5.- Estructura geoeléctrica con resistividad de 84 Ohmios-metro y espesor de 76.7 metros. Estaría constituido por los mismos materiales de la estructura anterior, pero algo más resistivo.

Horizonte H6.- Esta estructura tiene resistividad de 12 Ohmios-metro, de espesor indefinido, representaría una estructura compacta.

La columna geoeléctrica obtenida se puede ver en el Anexo C-Fig. 4.

6.1.2.4 Interpretación Geoeléctrica de El Siglo

Los valores de resistividades y espesores de la zona de El Siglo, se muestran en el cuadro 17.

**CUADRO 17
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE EL SIGLO**

SEV N°	Coordena da	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
5	17°11.863' 70°55.952'	23	0.7	17	1.9	48	4.3	11	15.8	29	42.7	4	---

H1 - Horizonte geoeléctrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoeléctrica

*** Descripción de los Horizontes Geoeléctricos (El Siglo)**

Horizonte H1.- Presenta una resistividad de 23 Ohmios-metro y espesor de 0.7 metros, esta primera estructura geoeléctrica estaría constituida por material areno gravoso, con contenido de humedad.

Horizonte H2.- Tiene resistividad de 17 Ohmios-metro y espesor de 1.9 metros; posiblemente constituida por materiales similares al estrato superior pero mayor humedad

Horizonte H3.- Esta estructura geoelectrica presenta resistividad de 48 Ohmios-metro y espesor de 4.3 metros; constituida probablemente por material arenoso.

Horizonte H4.- Este horizonte geoelectrico presenta un valor bajo de resistividad de 11 Ohmios-metro y espesor de 15.8 metros, estaría constituida por areno-arcilloso con presencia de sales.

Horizonte H5.- Estructura geoelectrica con resistividad de 29 Ohmios-metro y espesor de 42.7 metros. Estaría constituido por los mismos materiales de la estructura anterior, pero más compactos.

Horizonte H6.- Esta estructura tiene resistividad de 4 Ohmios-metro, de espesor indefinido, representa una estructura con presencia de arcillas y alto contenido de sales, debido a su baja resistividad.

La columna Geoelectrica se puede ver en el Anexo-Fig. 5.

6.1.2.5 Interpretación Geoelectrica de Los Angeles

En el Cuadro 18 se muestran los valores de resistividad y espesores encontrados en la zona de los Angeles.

CUADRO 18
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE LOS ANGELES

SEV N°	Coordenada	H1		H2		H3		H4	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4
6	17°10.254' 70°54.602'	70	1.3	150	26.2	14	360.5	268	----

H1 - Horizonte geoelectrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

* Descripción de los Horizontes Geoelectricos (Los Angeles)

Horizonte H1.- Presenta una resistividad de 70 Ohmios-metro y espesor de 1.3 metros, esta primera estructura geoelectrica estaría constituida por material areno gravoso, con contenido de humedad.

Horizonte H2.- Tiene resistividad de 150 Ohmios-metro y espesor de 26.2 metros; posiblemente constituida por materiales areno gravoso con contenido de humedad.

14 Ohmios-metro y espesor de 360.5 metros, en el estrato habría presencia de arcillas, sales y poco contenido de humedad.

Horizonte H4.- Esta estructura tiene resistividad de 268 Ohmios-metro, de espesor indefinido, representaría una estructura constituido por materiales areno limosos secos.

La columna geoelectrica obtenida se puede ver en el Anexo C-Fig. 6.

6.2 ESTUDIO GEOTECNICO

6.2.1 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.

El área de estudio, se halla situada dentro de una depresión longitudinal entre la cordillera de la costa y los promontorios de los Andes del Sur del Perú, influyendo en su fisiografía y clima.

La configuración fisiográfica de la región, debido a un proceso geotectónico, constituida por acumulaciones de lavas y erupciones volcánicas; consistente en depósitos formados por detritos provenientes de la erosión de la cordillera, originando la denominada “Formación Moquegua” con un espesor muy considerable de capas casi uniformes de areniscas de color rojizas y grises claros, areniscas arcillosas de color rojo claro, marrón y amarillento, con intercalaciones de estratos de conglomerados gravosos de cantos rodados y areniscas, todos estos constituidos por procesos sedimentarios, que por su proceso de formación presentan una buena consolidación.

6.2.2 Dinámica de Suelos

Con la finalidad de determinar los parámetros dinámicos, se han efectuado los sondeos geofísicos, tal como se indica, 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, registrando las ondas sísmicas generadas por un impacto, éste 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 las densidad y humedad para las pruebas de laboratorio.

El muestreo se ha realizados 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 esta 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 plg. 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 al 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

*** Análisis Microscópico**

Mediante los análisis de microscopía electrónica se determina la composición mineralógica porcentual de las muestras analizadas.

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, (ver Anexo I, P-4):

*** 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 sollicitación de una superestructura, entre la más aplicada de las ecuaciones para la determinación de dicho valor se halla la ecuación de Hansen:

$$q_{ult} = cN_cSc_d + \gamma DN_qSq_d + 1/2 \gamma BN\gamma S\gamma_d$$

6.2.3 Caracterización de Suelos

6.2.3.1 Suelos Tipo I

Constituidos por materiales gravo arenosos compuestos por cantos rodados, con diámetros comprendidos entre 4" de formas redondeadas a subredondeadas, arenas

gruesas a finas de color marrón a beige claro en la zona norte entre los sectores comprendidos a la terraza del aeropuerto y el asentamiento humano de Los Ángeles. Mientras que en la parte baja de la ciudad hacia la zona circundante con el río Tumilaca de color beige a beige amarillento con gravas subredondeadas envueltas por una matriz areno limosa ligeramente cementadas, ambas provenientes de procesos aluviales.

6.2.3.2 Suelos Tipo II

Gravas arenosas de color marrón oscuro a tonalidades rojizas, constituidas esencialmente por gravas angulosas, bien gradadas cementadas por la presencia de limos inorgánicos con presencia de sales solubles en cantidades moderadas compuestas principalmente por sulfatos en mayor proporción y cloruros en menor cuantía, que mediante procesos constructivos adecuados y considerando que esta constituido este suelo principalmente en el área comprendida por las pampas de Chen – Chen de una permeabilidad media a buena, se puede considerar que la presencia de sales solubles no podrían constituir un factor agresivo para los efectos constructivos del área comprendida.

6.2.3.3 Suelos Tipo III

Gravas areno limosas de color beige provenientes de la formación Moquegua superior que circunda los asentamientos humanos de Mariscal Nieto, El Siglo, San Francisco y parte este de San Antonio, compuesta por gravas angulosas arenas medias a finas y limos inorgánicos, constituyendo la topografía abrupta como elemento más desfavorable, presentando pendientes entre 15° a mayores de 70° en el sector de San Francisco, lo cual constituye en esencia los problemas de inestabilidad

6.2.3.4 Suelos Tipo IV

Areniscas y limo arcillosas presentes en forma alterna, las areniscas se hallan presentes con una alta compacidad por procesos de sedimentación alternos, razón por la cual las arcillas constituyen sedimentos con estratos de poco espesor, comprendidos entre 0.05 m a 0.35 m de acuerdo con lo avizorado, con una presencia masiva en la zona baja de los asentamientos humanos de San Francisco y en mayor presencia en el sector de San Antonio, constituyendo por la presencia misma de las arcillas un factor de evaluación su probabilidad de expansividad un termino materia de inestabilidad, sin embargo por la presencia aislada de las arcillas se ha determinado una baja expansibilidad del orden del 3.8 %, valor que no representa mayormente un efecto nocivo como suelo de fundación.

6.3 RESUMEN DE LAS UNIDADES GEOTECNICAS EN LA ZONA DE MOQUEGUA

Aluviales.- Estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo y ancho de los ríos Tumilaca, Torata y Huarancane, consistente en gravas masivas, densas a muy densas, con abundantes bloques grandes, gravillas y matriz de arena gruesa. Los taludes que conforman son bastante estables, la capacidad portante es entre 2 a 4 Kg/cm², se presentan en la parte baja de la ciudad y parte del asentamiento de San Francisco (Fig 11)

Proluviales y deluviales.- Estos suelos particularmente se exponen en la Pampa de San Antonio (Ciudad Nueva), Samegua y Chen Chen, consiste en gravas con gravillas, medianamente densas, con fragmentos subangulosos a subredondeados de diferentes tamaños en una matriz arenosa, intercalados con lentes delgados de arena gruesa, en algunos sectores de Chen Chen aparece superficialmente un material fino que se correlaciona con sedimentos redepositados de la Formación Moquegua inferior.

Deluviales.- Estos depósitos de laderas son suelos que conforman el centro de la ciudad, el área de expansión urbana Los Angeles y los sectores cercanos a las elevaciones adyacentes a Moquegua. Son suelos gravosos a gravo – arenosos, medianamente densas con fragmentos de diferentes dimensiones subangulosas a subredondeadas, con horizontes de gravilla y arena gruesa. Los taludes no son muy estables de allí que en la parte alta de la ciudad, es decir, El Siglo y Mariscal Nieto son sectores susceptibles a deslizamientos por lo que se considera como un lugar peligroso

Fluviales.- Estos depósitos se concentran en el área cerca de los ríos, consiste de mezcla de gravas, bloques, bolones y sedimentos finos como arenas, limos y arcilla de consistencia suelta y masivos.

Areniscas, limolitas y conglomerados de la Form. Moquegua.- Estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas circundantes de la ciudad, corresponden a los cerros adyacentes a Moquegua. Son sedimentos algo consolidados de areniscas arcósicas tufáceas grises a marrón, los taludes que conforman son medianamente estables.

Derrames andesíticos del Gpo. Toquepala.- Son lavas andesíticas, algo alteradas, las pendientes que conforman son pronunciadas, abruptas y muy disectadas. Se presentan sobre todo en las partes altas de Moquegua.

6.4 MAPA DE PELIGROS

6.4.1 Por inundaciones

En el mapa de inundaciones se han considerado factores como la topografía, registros de precipitaciones y la distribución urbana, ver Anexo I-Plano 2.

- Con círculos de color rosado se representa los sectores donde se acumula el agua debido a la falta de continuidad de las calles y otras que corresponden a depresiones de suelo.
- La coloración roja de las calles corresponden a sectores de embalsamiento, por falta de drenaje.
- Las calles con coloración amarilla representan pendientes moderadas, donde se acumula agua en las depresiones.
- El color verde significa que las calles tienen pendientes pronunciadas donde discurre el agua de las precipitaciones pluviales, sin posibilidad de embalsamiento.
- El color marrón representa sectores de posibles deslizamientos como consecuencia de las precipitaciones.

6.4.2 Activación de quebradas

En la fotografía N° 1, se observa las edificaciones en la Quebrada el Cementerio, sector que se considera como peligroso en el caso de la ocurrencia de una precipitación pluvial de proporción en las partes altas. Es un área sumamente vulnerable por no contar con una infraestructura de drenaje.

La Quebrada del Gallito que cruza muy cerca al Centro de la ciudad, es un sector que por la falta drenaje está expuesta a inundación, se observa en la fotografía N° 2.

Las quebradas que circundan las Pampas de Chen Chen y que derivan al poblado de San Antonio, representan peligrosidad en el caso de la ocurrencia de lluvias copiosas, ver Anexo I-Plano 3.

6.4.3 Por pendientes

El crecimiento explosivo ocasionado por el auge de la minería en los 60` y por el consiguiente migración ha dado como resultado la ocupación de sectores con pendientes inadecuados para la construcción de viviendas. Esta peligrosidad se representa en el Anexo I-Plano 5.

6.4.4 Por la calidad de los suelos

Se consigna diferentes áreas y sectores que por la naturaleza de los suelos y por su calidad se han categorizado de acuerdo a su grado de peligrosidad, en base a los trabajos geofísicos y estudios geotécnicos. Al asentamiento humano San Francisco

se le ha dado un trato especial por los daños registrados, por la calidad de su suelo y por su configuración topográfica ver Anexo I-Plano 5.

6.4.5 Peligrosidad del Asentamiento de San Francisco.

Con la finalidad de definir con mayor precisión los peligros del asentamiento San Francisco, se ha realizado un levantamiento topográfico con curvas al metro con la colaboración del municipio, así como las evaluaciones geotécnicas, todo ello ha permitido ubicar con detalle los diferentes niveles de peligrosidad ver en el Anexo I-Plano 6.

CAPITULO VII

EVALUACION DE DAÑOS

7.1 EVOLUCION Y CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MOQUEGUA

El desarrollo de Moquegua ha estado en función de la agricultura y ganadería, en la década de los 50` la ciudad se emplazó en la parte baja del valle, en un lugar relativamente plana, con viviendas de adobe y quincha, tal como puede observarse en la foto 3; En los 60` con la ampliación de su frontera agrícola y fundamentalmente con el auge de la minería la ciudad se expandió desordenadamente hacia el norte y sur, pero asimismo por la falta de terrenos adecuados y cercanos a la ciudad se fueron poblando las laderas del El Siglo y Mariscal Nieto, tal como se observa en la foto 4, muchas estas edificaciones colapsaron en el sismo del 23 de junio.

En la fotografía 5 se observa panorámicamente la extensión de la ciudad y a la falta de una planificación ordenada que deberá desarrollarse para el futuro en forma paulatina, esta misma situación se presenta en el poblado de San Antonio (Foto 6) , con una falta de servicios en algunos sectores, así como sin ninguna supervisión en los procesos constructivos, factor fundamental de los daños registrados en este sector.

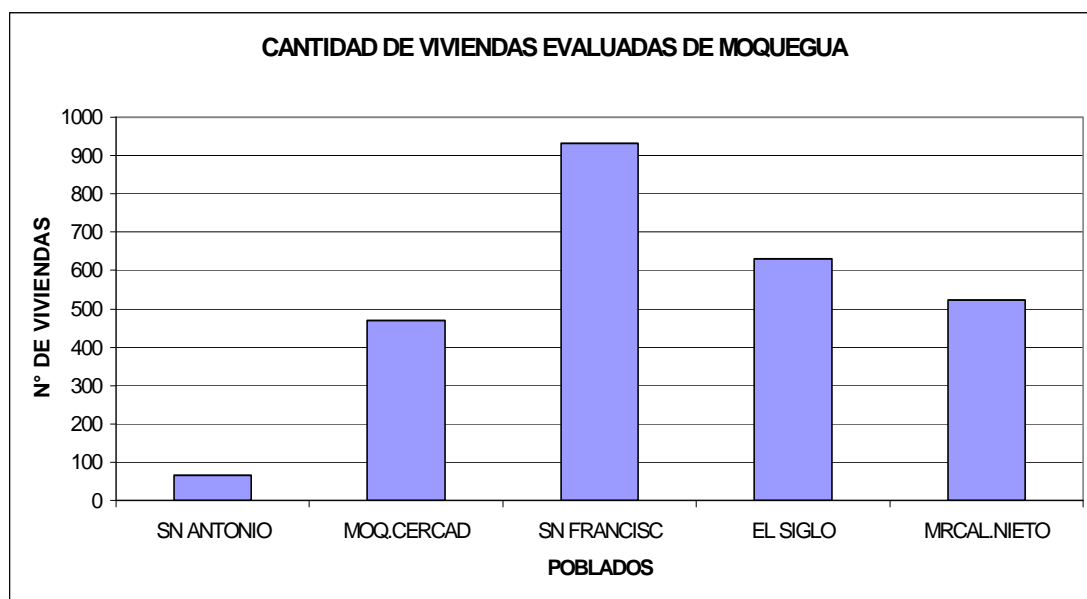
En las fotografías del 7 y 8 del sector de Chen Chen, se muestra nuevamente de cómo se ha venido ocupando las áreas destinadas a viviendas, sin ninguna planificación y con severas faltas en los servicios básicos.

En las siguientes vistas (fotos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16), se observan claramente los daños registrados en los diferentes sectores de la ciudad, algunas de ellas por la antigüedad de las edificaciones, por errores en la construcción, otras por la inestabilidad de taludes.

7.2 EVALUACIÓN 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 19), 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, y para efectos de una apreciación general sólo se ha considerado a; viviendas de concreto agrietado, concreto colapsado, adobe agrietado y adobe colapsado que se muestra en los Cuadros 20 y 21.

**CUADRO 19
CANTIDAD DE VIVIENDAS EVALUADAS**



7.3 ANALISIS DEL PORCENTAJE DE VIVIENDAS DAÑADAS

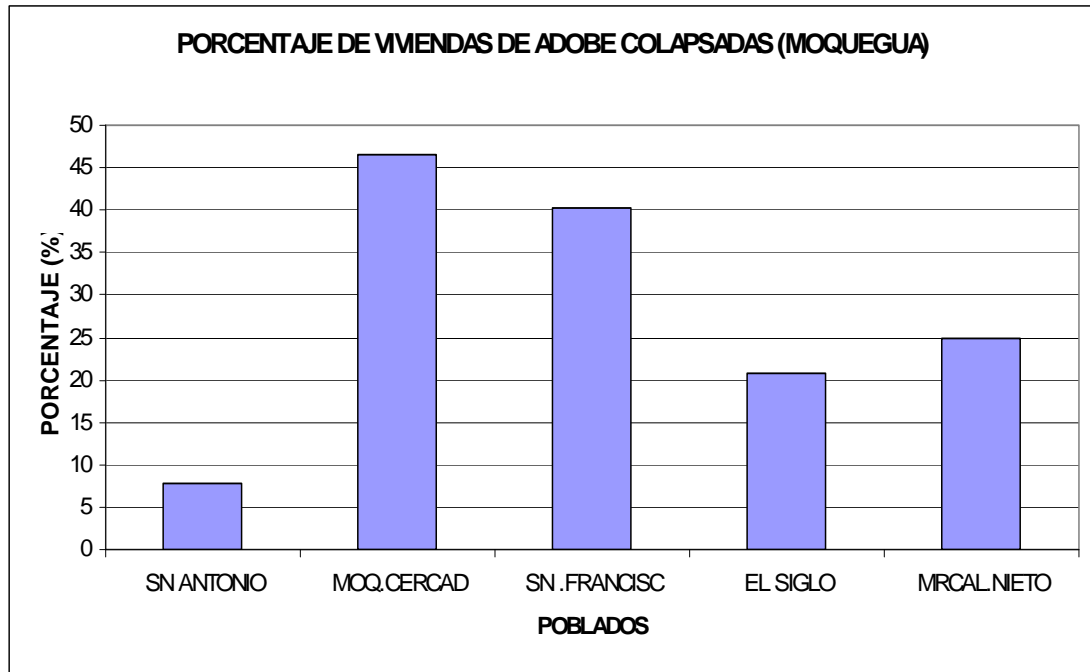
Se ha efectuado un análisis para tener una mejor conceptualización de los daños producidos por el terremoto del 23 de junio, solamente se ha considerado la cantidad de viviendas de adobe colapsadas (que fueron la mayor cantidad) determinándose lo siguiente:

- El mayor porcentaje de viviendas de adobe colapsadas está en la ciudad de Moquegua con 46 % de viviendas colapsadas, luego San Francisco con un 41 % Mariscal Nieto con 25 %, El Siglo con 21% y San Antonio con 8%.
- Aparentemente el sector de San Francisco tiene la mayor cantidad de viviendas colapsadas, pero la explicación es que San Francisco tiene mayor cantidad de viviendas con relación a Moquegua cercado (que son los más representativos) por cuanto de acuerdo a las encuestas de evaluación, en San Francisco se tiene un promedio de 932 viviendas y en Moquegua cercado un promedio de 469 viviendas evaluadas.
- El problema principal que tiene San Francisco son las viviendas que están asentadas en las fuertes pendientes inestables del Cerro.
- Esta evaluación también se corrobora con las inspecciones visuales realizadas en San Francisco donde existen viviendas en perfecto estado.

**CUADRO 20
EVALUACION DE VIVIENDAS**

	SAN ANTONIO	MOQUEGUA CERCADO	SAN FRANCISCO	EL SIGLO	MARISCAL NIETO
Concreto agriet	51	103	151	38	34
Concreto colap	1	5	27	6	7
Adobe agrietado	9	143	378	456	353
Adobe colapsa	5	218	376	131	130
TOTAL	66	469	932	631	524

CUADRO 21
PORCENTAJE DE VIVIENDAS DE ADOBE COLAPSADAS



CAPITULO VIII

EVALUACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO

Posterior a la evaluación de las formas de amenazas que se presentan dentro de la ciudad y el entorno circundante de Moquegua se han identificado, las siguientes áreas de riesgo potenciales, por los diferentes agentes naturales (sismos, inundaciones, activación de quebradas, pendientes y suelos).

Las viviendas ubicadas en el Pueblo Joven el Siglo, Mariscal Nieto y San Francisco son producto de las invasiones. Las construcciones se han consolidado producto de invasiones, sin control urbano, a partir de comienzos de los años 70 producto de una migración de la parte alto andina del departamento de Moquegua.

La ocupación del terreno se ha dado sin planificación no se ha considerado las pendientes existentes como tampoco se ha previsto la construcción de plataformas para construir en laderas.

8.1 ZONA MONUMENTAL

8.1.1 Situación frente a un evento sísmico o precipitación pluvial

- Alta concentración de población y de actividades económicas y sociales, en el centro de la ciudad, por consiguiente es vulnerable frente a la ocurrencia sísmica.
- La falta de una planificación vial, determina limitaciones en la atención de emergencias y al funcionamiento normal de los flujos de transportes, principalmente en la zona central de la ciudad. Vías sin continuidad, con una fuerte pendiente y estrechas; En la ciudad de Moquegua solo se tienen la avenida Balta como gran colectora que interconecta con los diferentes centros poblados de la ciudad.
- Las edificaciones que aún quedan en pie y que forman parte del patrimonio deberán contar con un proceso de reforzamiento.
- Los techos de las edificaciones de material rústico ante una fuerte precipitación podrían dañarse.
- Las viviendas de la calle Lima (que soporta los afluentes pluviales de las plataformas superiores) quedan en su mayoría inundadas.
- El estado de las instalaciones sanitarias, es obsoleto, se ha verificado que gran parte de las tuberías de desagüe están dañadas produciéndose filtraciones.
- Ausencia de control urbano en las construcciones.
- No existen programas para revitalizar las construcciones con valor monumental.

8.1.2 Recomendaciones

- Las principales actividades económicas deben ubicarse en zonas seguras; de igual forma se deberá prever nuevas áreas de expansión con fines urbanos.
- Sobre el problema vial en la ciudad de Moquegua se debe solucionar la falta de continuidad de la avenida Bolívar que empalme con la avenida La Paz y avenida Ejercito.
- Se debe evaluar la factibilidad de demoler las estructuras que se puedan desplomar sobre las vías.
- Se deberá elaborar normas para el mantenimiento de los techos, usando la tecnología de materiales, aplicada en las construcciones tradicionales, y la difusión generalizada para su aplicación práctica.
- Se deberá construir un sistema de drenaje pluvial en la calle Lima, que canalice las aguas pluviales con pendiente a la calle Ancash la que desembocaría directamente en el río Moquegua.

8.2. P.J. EL SIGLO

8.2.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial

- Deslizamiento de las plataformas superiores del Farallón del Cerro del Siglo.
- Empuje diferencial del terreno; Las viviendas de las plataformas superiores empujan las estructuras de las inferiores, produciendo el colapso de las mismas.
- Embalsamiento de las viviendas de las plataformas superiores, por fuertes lluvias, provocaría una avalancha sobre las inferiores.
- En las plataformas superiores hay vías que por la topografía y fuerte pendiente no tienen continuidad.
- El material predominante de las construcciones antes del sismo del 23 de junio fue de Adobe (61%), estas son vulnerables ante los fenómenos sísmicos y de precipitación pluvial.
- La manzana "LL" los lotes de vivienda N 11,12,13,14,15 y 16; La manzana "G" lote 22; La manzana "Ñ" lotes 3,4, considerados como riesgosos de acuerdo al informe emitido por el Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Deficiencia constructiva en las estructuras existentes, como en los servicios básicos de agua y desagüé.
- Es importante considerar que el auxilio durante y posterior a la ocurrencia de un sismo en los pasajes que no tienen continuidad, sería imposible.
- El desplazamiento y derrumbe del Farallón; (Con la finalidad de ganar terreno se ha cortado el cerro y actualmente es casi vertical lo que podría contribuir a que por lluvias continuas este se derrumbe sobre las plataformas inferiores)
- El embalsamiento de las aguas en las viviendas superiores produciría una avalancha.

8.2.2 Recomendaciones

- Con el fin de evitar algún tipo de deslizamiento o colapso del farallón por diferentes causas se deberá plantear una solución técnica viable, a través de la estabilización de taludes.
- Con el fin de evitar problemas futuros, las edificaciones que han quedado dañadas deberán ser reforzadas en los casos pertinentes.
- Tratamiento especial para la evacuación de las aguas pluviales
- Elaboración de un plan vial de emergencia, con la finalidad de darle fluidez y continuidad a las vías.

- Reubicación a zonas seguras de familias expuestas a peligros potenciales
- De ser posible utilizar técnicas de impermeabilización en zonas vulnerables.

8.3 P.J. MARISCAL NIETO

8.3.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial

- Las viviendas que están ubicadas en las plataformas inferiores al reservorio de agua potable N° 2 por presentar estas deficiencias estructurales en la cimentación; aparentemente ubicado sobre una falla geológica.
- Las viviendas ubicadas en las plataformas inferiores, que se verían afectadas frente a un embalsamiento de aguas pluviales.
- Las viviendas susceptibles a un desplazamiento de las plataformas de los cerros circundantes.
- Las instalaciones sanitarias que en algunos casos están expuestas debido a las fuertes pendientes en que han sido construidas.
- En algunos sectores el acceso a las viviendas es escalonado ya que han construido sus casas en la cumbre de los cerros.
- Según Defensa Civil los lotes de vivienda N° 14,15,16,18,19,20 de la manzana "E"; lotes 8 y 9 de la manzana "V" lotes 7,8 de la manzana "X", lotes 5 y 6 de la manzana W, lote 14 de la manzana "Y", lotes 7,8,9,10,12 y 13 de la manzana C, lotes 10,11,12 y 13 de la manzana "X" lotes 4,7,9 y 13 de la manzana D, lotes 6 y 7 de la manzana "Z", 12,13,14,15,16,17,18,19,20,21 y 22 de la manzana "G", los lotes 5 y 6 de la manzana "W" constituyen posibles zonas riesgosas. Local de Electro sur en la avenida Andrés Avelino Cáceres.
- Al igual que en el Pueblo Joven El Siglo las construcciones carecen de un control tanto en su construcción como es su estructuración.
- Las ubicadas en terrenos inestables (cumbre de los cerros).
- Deficiencia en las instalaciones de servicios básicos como agua y desagüe.
- Derrumbes de los cerros al haber sido estos cortados excesivamente con el objeto de ampliar sus lotes.
- Pasajes peatonales con fuertes pendientes que demorarían una acción de auxilio inmediata.
- Las viviendas e infraestructura pueden ser dañadas por efecto de las inundaciones.

8.3.2 Recomendaciones

- El reforzamiento de la estructura del reservorio o su demolición.
- Se debe plantear un método de estructuración para reforzar las estructuras que presenten problemas.
- Se debe prever un plan de evacuación pluvial.
- Elaborar un expediente técnico donde se presente una solución técnica y económicamente viable, al problema de estabilización de taludes, cuya ejecución sea mediante soluciones ambientales armonizando con la naturaleza.
- El sistema de desagüe en muchos casos expuesto debe ser protegido para evitar su ruptura y deterioro.
- Se debe jerarquizar los accesos a las unidades de vivienda.
- Reubicación de las familias en peligros potenciales.

8.4 P.J. SAN FRANCISCO

8.4.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial

- Las viviendas ubicadas en la parte baja del Reservorio N° 3 en el sector denominado Buenos Aires; se verían afectadas ante el colapso de la estructura del reservorio ante un evento sísmico.
- De igual forma ante un evento pluvial, provocaría el embasamiento en las viviendas superiores, ocasionando una avalancha sobre las viviendas ubicadas sobre la avenida Alto Perú; esta misma particularidad se da en las construcciones ubicadas en las plataformas inferiores del margen izquierdo y derecho de la avenida 28 de Julio, sobre todo entre los pasajes Huaylas y los Cipreses, y en las construcciones de los márgenes izquierdos y derecho, de la avenida Mariscal Domingo Nieto, en particular entre los pasajes Mariscal Sucre y Leoncio Prado.
- Todas las viviendas ubicadas en las plataformas superiores que solo tienen accesos peatonales, lo que dificultaría su atención frente a una emergencia. En especial las viviendas de la manzana LL sobre la calle 1° de Mayo.
- Todas las viviendas que están afectadas al empuje del terreno de las edificaciones de las plataformas superiores.
- El centro de Salud y el Colegio Manuel C. De la Torre ante un evento pluvial; ya que las avenidas San Martín José Carlos Mariátegui Jorge Chávez y San Isidro no tienen continuidad, la única colectora sería la calle Daniel Becerra Ocampo.
- Los lotes 5 al 8 de la manzana “LL”; los lotes 24, y del 1 al 18 de la manzana “M”; los lotes 5 y 6 de la Manzana “Ñ”; los lotes 32,33,40,42 y 43 de la manzana “O”; los lotes 1 al 13 de la Manzana “X”; los lotes 10 y 20 de la Manzana “C”; los lotes del 50 al 53 de la manzana “D”; (Ampliación); lotes 17 al 20 de la Manzana “E”; lotes 8 al 10 y 12 de la manzana “L”; lotes 22 A al 22G de la manzana “P”, lote 23 de la manzana “Q”; lotes 12 al 27 de la manzana “S”; lotes 7 y 8 de la manzana W”; lotes 11 y 12 de la manzana Y”; lotes 9 y 9ª de la manzana Z”; lotes 7 y 10 de la manzana P”; lotes 1,2, y 3 de la manzana D”; lotes 35 y del 37 al 43 de la manzana P; lotes del 2 al 11, 13 y 22 de la manzana RR; lotes 15 al 25 de la manzana S; lotes 13 al 16 de la manzana T; lotes 18 al 21 de la manzana I; lotes 18, 19 y del 21 al 24 de la manzana K; lotes 1 al 8 de la manzana K’ -1; lotes 1 al 3 de la manzana K’-2; lote 19 de la manzana V; lotes 11 y 12 de la manzana W’, lotes 1,2,3 y 8 de la manzana Z’, lotes 1,2 y 3 de la manzana C-5, lotes 1,2 de la manzana C-6, lotes 23, 24 y 25 de la manzana U’, lotes 25 al 36 de la manzana N’ y lote 5 de la manzana C.
- Las construcciones ubicadas en terrenos inestables (cumbre de los cerros), y suelos caracterizados como “formación Moquegua”
- Deficiencia en las instalaciones de servicios básicos como agua y desagüe.
- Derrumbes de los cerros al haber sido estos cortados excesivamente con el objeto de ampliar sus lotes.
- Pasajes peatonales con fuertes pendientes que demorarían una acción de auxilio inmediata.
- La discontinuidad de vías; al haberse asentado de una forma desordenada ocasionaría aniegos.
- El embalsamiento de las construcciones de las plataformas superiores.
- Por la fuerte pendiente de los cerros y la calidad de suelos existentes esta zona es considerada como zona de riesgo consolidada en suelos denominados como formación Moquegua.

8.4.2 Recomendaciones

- Realizar un estricto control en las construcciones nuevas por parte de las comisiones técnicas; También deben estar sujetas a este control las construcciones realizadas por entidades del estado, el Banco de Materiales, u otras entidades crediticias.
- Ver la factibilidad de reubicar a las familias cuyas edificaciones se encuentran en estado crítico; Dar un mantenimiento periódico a la estructura del reservorio.
- Plantear una solución para una evacuación de aguas pluviales; tanto en el interior de las viviendas como en los pasajes y calles en general.
- Construir accesos adecuados teniendo en consideración la topografía existente.
- Se debe plantear un método de estructuración para reforzar las estructuras que presenten problemas.
- Se debe plantear en la calle Daniel Becerra Ocampo un sistema de evacuación pluvial que canalice las aguas pluviales de las calles ubicadas en cotas superiores.

8.5 C.P.M. SAN ANTONIO

8.5.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial

- En el año de 1989, se identifican nuevas áreas de expansión urbana y ENACE inicia un programa de viviendas en la zona de Pampas de San Antonio, alrededor de esta habitación también en 1990 se inicia un proceso de invasiones, consolidándose a través del tiempo y recientemente saneadas por COFOPRI; Sin embargo, en estas zonas no se realizó un estudio de suelos y actualmente casi un 70% de las construcciones presentan agrietamientos y fisuras, por asentamiento diferencial en las construcciones debido a los tipos de suelos existentes, y por los procesos constructivos, manifestaciones antes del sismo del 23 de junio.
- El Centro de Salud de San Antonio.
- El Edificio multifamiliar construido por ENACE.
- Varias unidades de vivienda sobre todo los núcleos construidos por ENACE en los años 89-90.
- Las viviendas construidas en el cauce de torrenteras y suelos inestables.
- Los lotes 4 de la manzana G-1, lotes 5,10 de la manzana M-2; lotes 5 y 10 de la manzana I-2, lotes del 1 al 8 de la manzana J-1, lotes del 1 al 12 de la manzana K-1, lotes del 1 al 16 de la manzana L-1 y lotes del 1 al 12 de la manzana M-1.
- Pampas de San Antonio del sector "A" (ampliación de la Asociación El Trébol)
- Luego de ocurrido el sismo del 23 de junio se han registrado daños importantes en muchas edificaciones.
- Las construcciones en el centro poblado de San Antonio han sido vulnerables ante un evento sísmico por el tipo de suelos, que presentan un asentamiento diferencial, y por la falta de control tanto en su construcción como es su diseño estructural.
- En el Centro poblado de San Antonio no se ha realizado un estudio de canalización y evacuación de aguas pluviales; Existe la experiencia de que ante el fenómeno del niño en los años 97-98 muchas viviendas fueron afectadas inclusive hizo colapsar su laguna de oxidación.

8.5.2 Recomendaciones

- Recomendaciones sobre el diseño de las edificaciones en esta zona.
- Se debe evaluar la estabilidad de las estructuras para ver la factibilidad de reparación o demolición.
- Se debe elaborar un plan de canalización y evacuación de aguas pluviales.
- Reubicación de las familias de los lotes afectados.

8.6 DISTRITO DE SAMEGUA

8.6.1 Situación ante un evento sísmico o precipitación pluvial

- Los lotes 11,12,14 y 15 de la manzana H; lotes 13,14 y 15 de la manzana O, lote 14 de la manzana U; y 3 de la manzana L. Se encuentran en el cause de pequeñas quebradas ubicadas en las cotas más altas de los cerros propensas a deslizamientos.

8.6.2 Recomendaciones

- La reubicación de los lotes antes descritos

8.7 EXPANSIONES URBANAS

8.7.1 Situación ante las precipitaciones, inundaciones y huaycos

- La ubicación de Asentamientos en Quebradas; como es el caso de la habilitación urbana en la Quebrada del Cementerio, Quebrada de Lechuzas.
- La ubicación del Hospital General de Moquegua y centro de salud referencial ubicado en la avenida Bolívar, que es vulnerable frente a un fenómeno de posibles huaycos.
- La ubicación de Habilitaciones en hondonadas como la habilitación Urbana de Belén, que es vulnerable frente a una inundación por no tener ninguna evacuación pluvial.
- La ubicación de la tercera etapa de la Urbanización Mercedes cabello de carbonera la que en el año de 1997 a consecuencia de una fuerte lluvia quedo inundada.
- En muchos casos la expansión urbana conduce a las poblaciones a ocupar terrenos difícilmente habitables pero en ningún caso debe permitirse la edificación en causes de torrenteras, vulnerables por efecto de lluvias.
- De igual forma los terrenos en hondonadas que no tienen evacuación pluvial.

8.7.2 Recomendaciones

- Evaluar la posibilidad de canalizar la torrentera, y en el caso de riesgo de las viviendas su reubicación.
- Se debe canalizar la torrentera del Cementerio.
- En la circundante se deberá plantear un canal de evacuación pluvial provenientes de los niveles superiores del Pueblo Joven Mariscal Nieto; y en la parte inferior la construcción de un drenaje pluvial.
- Posterior al fenómeno del niño se ha construido canales de evacuación pluvial a los que permanentemente se les debe dar mantenimiento.

8.8. C.P.R. ESTUQUIÑA

8.8.1 Situación de vulnerabilidad y riesgo

- No representa situación de riesgo por eventos de lluvias, inundaciones o Huaycos; con respecto a eventos sísmicos las viviendas de adobe serian susceptibles a daños.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

A. PROSPECCION SÍSMICA

1.- Zona de Los Angeles

En el sector de Los Angeles, de acuerdo a las velocidades sísmicas encontradas presenta en su parte superior un material poco consolidado, que corresponde a material deluvial y a medida que se profundiza los suelos se van haciendo más competentes. A profundidades mayores por su velocidad, se infiere que el suelo se encuentra bastante consolidado

2.- Zona del Aeropuerto

Del análisis de la información obtenida, se puede considerar que es una zona estable de origen aluvial.

3.- Zona del Siglo

Las velocidades sísmicas obtenidas en esta zona, indicaría que se trata de un material deluvial no compactado, a medida que se profundiza este material se hace más competente.

4.-Zona de Chen Chen

Considerado como uno de los sectores para la futura expansión de la ciudad y una posibilidad para la reubicación de los damnificados por el sismo del 23 de junio, las velocidades sísmicas de las capas superficiales es baja correspondiente a materiales poco consolidado de origen deluvial/proluvial, a medida que profundizamos se hacen más competente.

5.- Zona del Cercado

El único perfil de refracción sísmica que se realizó en el cercado. Este perfil reproduce de alguna manera las características de los suelos encontrados en otros sectores del centro de la ciudad, la capa superficial de baja velocidad por su poca consolidación y velocidades mayores en las capas inferiores. Los suelos del Cercado de Moquegua son de origen deluvial.

6.- Margen izquierdo del Ingreso a Moquegua (cuartel)

Corresponde a la parte baja de Moquegua, donde los materiales son de naturaleza aluvial correspondientemente son suelos más estables.

7.- Zona de San Francisco

Las velocidades sísmicas obtenidas en la parte superior es baja, que se correlaciona con un material poco consolidado. En un gran sector de San Francisco aflora la arenisca arcósica con presencia de limos y arcillas de la Formación Moquegua inferior, estas en condiciones normales son bastante consistentes y estables

8.- Zona de San Antonio

Las velocidades sísmicas determinadas en esta zona indicaría que existe una gradación de los materiales superficiales, la capa más superficial es de un material poco consolidado de origen deluvial/proluvial, aumentando su velocidad sísmica en profundidad por la mayor consistencia del substrato. Los valores altos de velocidad en la parte baja del poblado se correlacionaría con las areniscas de la Formación Moquegua inferior.

B. PROSPECCION ELECTRICA

1.- Los Angeles

La Prospección Eléctrica, define la presencia de cuatro estructuras geoelectricas, en donde las dos primeras presentan un espesor de 27.5 metros, por sus valores de resistividad que va gradando entre 70 y 150 Ohmios metros nos permite deducir la variación en profundidad de sus materiales areno gravoso en diferentes estratos y en función al contenido de humedad.

El tercer horizonte geoelectrico presenta valores bajo de resistividad (14 Ohmios-metro), probablemente debido a la presencia de sales minerales, y por su gran potencia (360.5 metro), debe corresponder a la formación Moquegua.

El cuarto horizonte presenta valores de 268 Ohmios-metro, posiblemente debe corresponder a materiales areno limosos secos

2.- Zona del Aeropuerto

La Prospección Eléctrica, define la presencia de seis estructuras geoelectricas, en donde las tres primeras estructuras hacen un espesor de 13 metros constituido por material areno gravoso, que también va gradando en cuanto a su granulometría y resistividad, de 10,800 a 206 Ohmios-metro.

El cuarto y quinto horizonte, presenta valores de resistividad entre 49 y 84 Ohmios-metro y un espesor de 83 metros, debe corresponder a material aluvional que gradan también en resistividad y contenido de humedad. El sexto horizonte por sus valores bajos de resistividad, el substrato debe contener un alto contenido de humedad.

3.- Zona de El Siglo

La Prospección Eléctrica, define la presencia de seis estructuras geoelectricas, en donde las tres primeras estructuras hacen un espesor de 6.9 metros constituido por material areno gravoso con valores bajos de resistividad, debido a la presencia posiblemente de sales y arcillas de baja expansividad

El cuarto y quinto horizonte presentan un espesor de 58.5 metros, constituido por materiales areno-arcilloso, la presencia de valores bajos de resistividad, posiblemente es debido a la presencia de las arcillas y sales minerales.

El quinto horizonte por sus valores bajos de resistividad puede deberse a la presencia en mayor proporción de arcillas y sales minerales.

4.- Zona de San Francisco

La Prospección Eléctrica, define la presencia de seis estructuras geoelectricas, en donde las tres primeras hacen un espesor de 12.5 metros constituido por material areno gravoso, que también va gradando en cuanto a granulometría y resistividad.

La suma del cuarto y quinto horizonte, nos da un valor entre 172 y 215 metros, constituido por areniscas de diferente granulometría y con valores bajos de resistividad. Este gran paquete debe corresponder a la formación Moquegua inferior. El sexto horizonte, representa una estructura mas compacta y con probable contenido de sales minerales

5.- Zona de San Antonio

La Prospección Eléctrica, define la presencia de seis estructuras geoelectricas, en donde las tres primeras hacen un espesor entre 2.2 y 13.1 metros constituido por material areno gravoso y areno arcilloso, presenta distintos valores de resistividad, por encima de los 30 y 470 Ohmios-metro, lo que nos indica la presencia indistinta de diferentes grados de humedad, sales y arcilla.

El cuarto y quinto horizonte, sumando sus espesores nos da entre 63.6 y 95 metros, constituido por materiales areno arcillosos de diferente granulometría y con valores bajos de resistividad.(4 y 9 Ohmios-metro), nos indicaría la presencia de arcillas, sales minerales y humedad.

El perfil elaborado, nos muestra la regularidad de las estructuras geoelectricas, que consiste en un gran paquete de material sedimentario del que está constituido los suelos.

C. ESTUDIOS GEOTECNICOS

1.- Geológicamente se ha reconocido cuatro tipos de unidades: depósitos aluviales, deluviales y proluviales compuestos por bloques, arenas y limos pobremente cementados en su parte superior; la formación Huaylillas constituidos por tufos y derrames lávicos; la formación Moquegua superior constituida por conglomerados y areniscas bien cementadas y finalmente la formación Moquegua inferior compuesta por areniscas, limolitas y arcillas cementadas y altamente compactas.

2.- Los depósitos aluviales por su gradación constituyen los suelos que presentan mejores condiciones como material de fundación, seguida por los materiales correspondientes a la formación Moquegua superior que presenta dos conformaciones, la primera compuesta por conglomerados bien cementados y sobreyacente una conformación de materiales sedimentarios en algunos casos sueltos (pampas de Chen Chen) y en otros casos cementados y bien compactos (cercado de moquegua, sectores del Siglo, Mariscal Nieto y parte de San Francisco); y finalmente los materiales provenientes de la formación Sotillo(Moquegua inferior), constituidos por areniscas y limolitas altamente compactadas y cementadas preconsolidadas con presencia de sales solubles (sulfatos y cloruros).

3.-Las pronunciadas pendientes que conforman una secuencia de elevaciones que circundan a la ciudad de Moquegua, dan origen a un peligro potencial de inestabilidad de taludes en los sectores de El Siglo, Mariscal Nieto y San Francisco.

4.-La presencia de arcillas limolíticas en la zona de San Antonio por su composición de aluminatos y silices, así como la presencia de sulfatos y cloruros, son causa de expansividad en muy baja proporción, no siendo potencialmente severas por su presencia lenticular en la zona.

5.-Las causas de las diversas fallas ocasionadas en las construcciones, no son fundamentalmente atribuidas a las condiciones del suelo de fundación, sino más bien a procesos constructivos deficientes.

D. PELIGROS

1.- Por la calidad de sus construcciones las edificaciones de la ciudad de Moquegua están expuestas a severos daños por la ocurrencia de sismos.

2.- La pendiente en muchos sectores de Moquegua sería causa fundamental de daños por la ocurrencia de sismos o por las precipitaciones pluviales.

3.- Si bien es cierto que las precipitaciones pluviales son bajas en Moquegua, existen áreas críticas que ofrecen cierta vulnerabilidad.

4.- Las quebradas secas también son fuentes de peligrosidad en una eventual precipitación de proporción.

5.- Es necesario una planificación seria de la ciudad de Moquegua, para evitar el crecimiento desordenado.

6.- Las autoridades competentes deberán propiciar la educación de la población en el caso de la ocurrencia de fenómenos naturales.

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 fault 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 Geoelectrico 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 Geoelectrico y Sísmico de la zona Cutanayo Pochi. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoelectrico y Sísmico de la zona de Chalhuanca. Arequipa. Noviembre 1991. UNSA
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoelectrico y Sísmico de la zona de Bamputañe. Arequipa. 1992, Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio de Refracción Sísmica de La Joya-Arequipa. Agosto 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica del Sector Cerro Muyoorco 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. UNSA
- 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 Comercocha 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.
- 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.

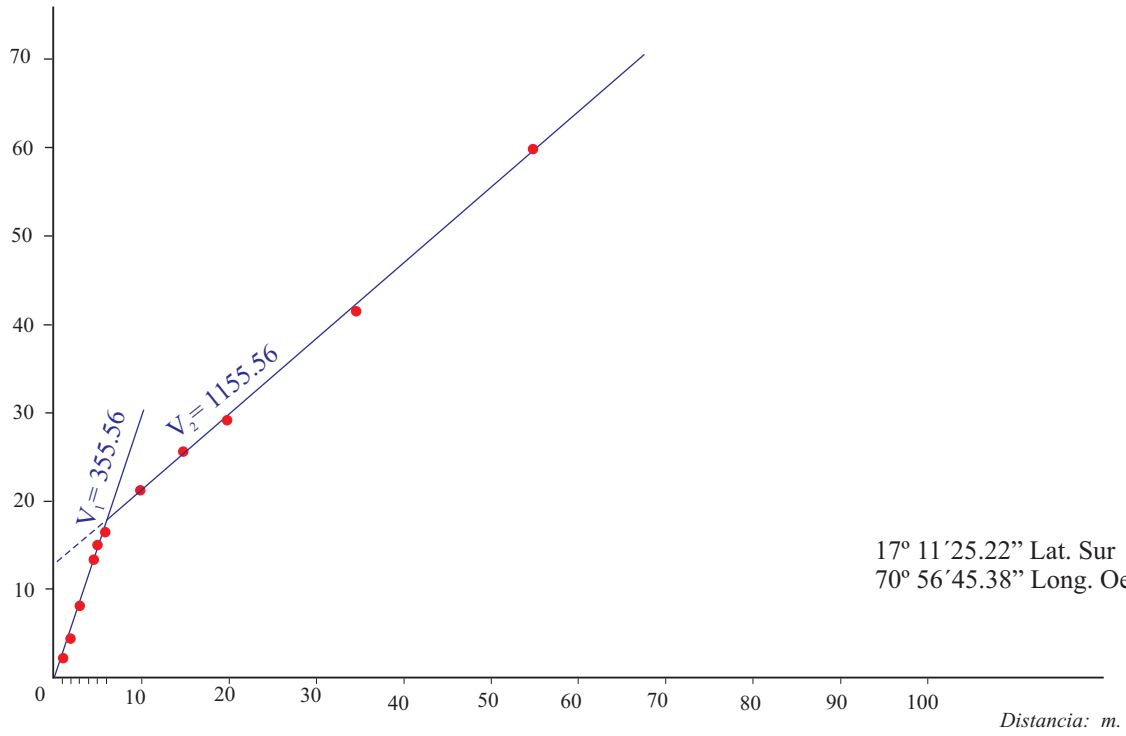
ANEXOS

A. LISTA DE PERFILES SÍSMICOS

1. Perfil Sísmico (San Francisco, Los Ficus RS-15,)
2. Perfil Sísmico (San Francisco, Tanque de agua RS-14)
3. Perfil Sísmico (San Francisco, Colegio Técnico-Posta Médica RS-13)
4. Perfil Sísmico (Moquegua cercado RS-21)
5. Perfil Sísmico (Parte final de la pista del Aeropuerto RS-17)
6. Perfil Sísmico (Ingreso a Moquegua, costado del Cuartel RS-16)
7. Perfil Sísmico (Chen Chen 1 RS-1)
8. Perfil Sísmico (Chen Chen 2 RS-2)
9. Perfil Sísmico (Chen Chen 3 RS-3)
10. Perfil Sísmico (Chen Chen 4 RS-4)
11. Perfil Sísmico (Los Angeles, Costado de Cancha Deportiva RS-18)
12. Perfil Sísmico (Los Angeles, Parte Superior 1 RS-19)
13. Perfil Sísmico (Los Angeles, Parte Superior 2 RS-20)
14. Perfil Sísmico (El Siglo 1, Calle Miraflores RS-22)
15. Perfil Sísmico (El Siglo 2 Parte superior RS-23)
16. Perfil Sísmico (San Antonio 1 RS-5)
17. Perfil Sísmico (San Antonio 2 RS-6)
18. Perfil Sísmico (San Antonio 3 RS-7)
19. Perfil Sísmico (San Antonio 4 RS-8)
20. Perfil Sísmico (San Antonio 5 RS-9)
21. Perfil Sísmico (San Antonio 6 RS-10)
22. Perfil Sísmico (San Antonio 7 RS-11)
23. Perfil Sísmico (San Antonio 8 RS-12)

San Francisco
Los Ficus (Pasaje 3)

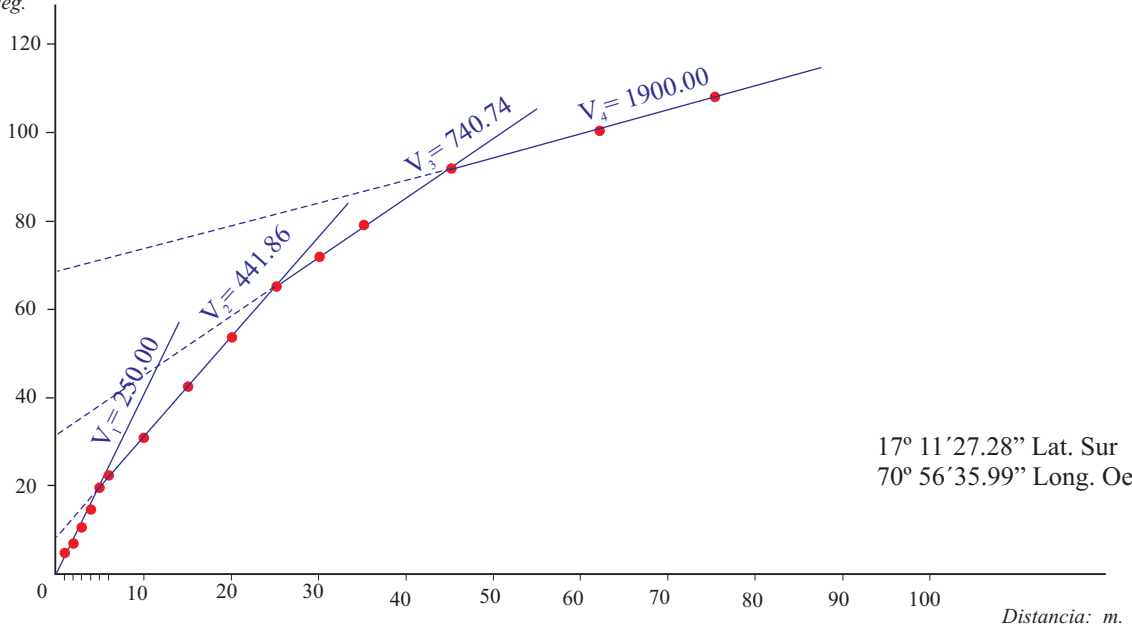
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 01

San Francisco
(Tanque de agua)

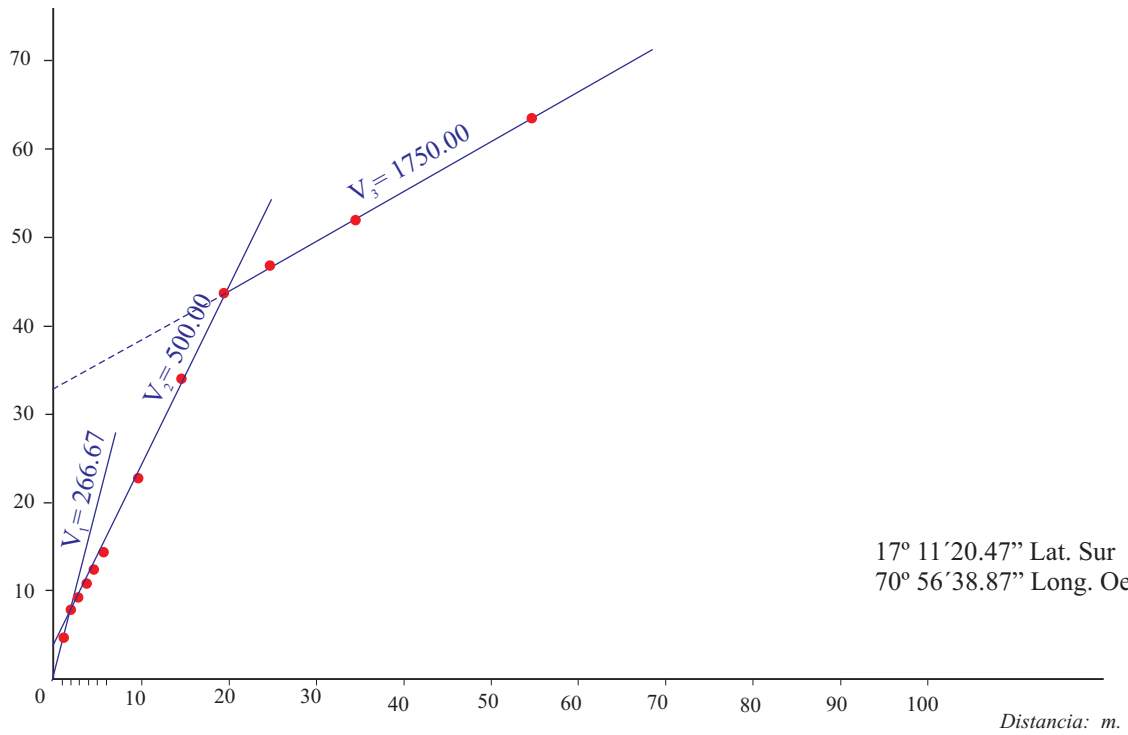
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 02

San Francisco
Colegio Técnico - Posta Médica

Tiempo:
mseg.

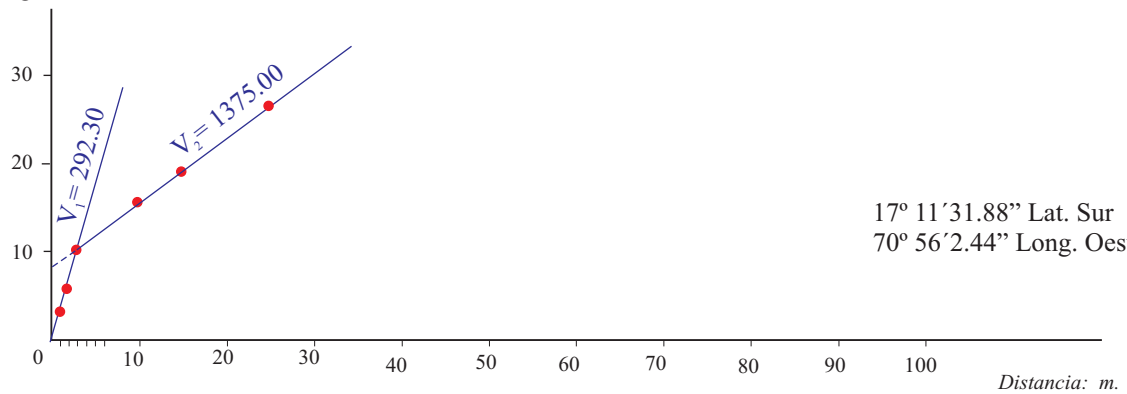


17° 11' 20.47" Lat. Sur
70° 56' 38.87" Long. Oeste

Perfil de Refracción Sísmica 03

Moquegua
Cercado

Tiempo:
mseg.

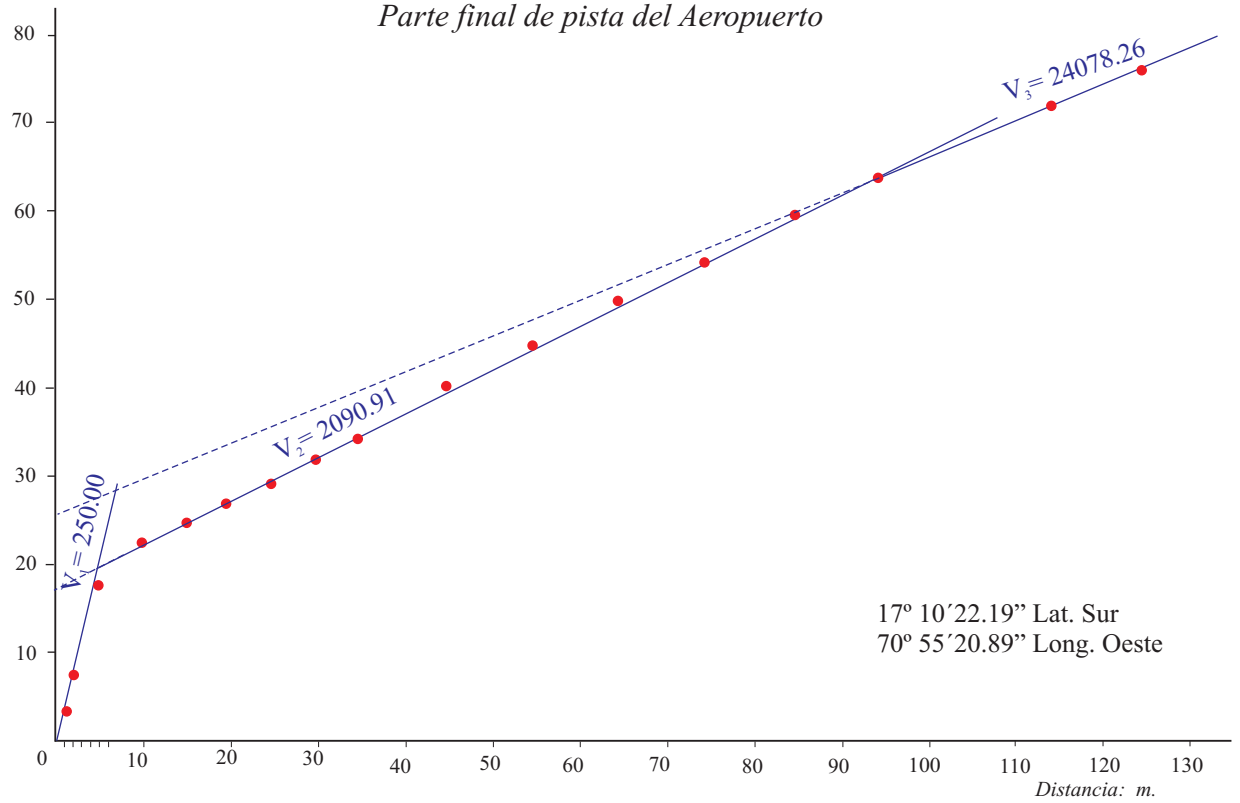


17° 11' 31.88" Lat. Sur
70° 56' 2.44" Long. Oeste

Perfil de Refracción Sísmica 04

Tiempo:
mseg.

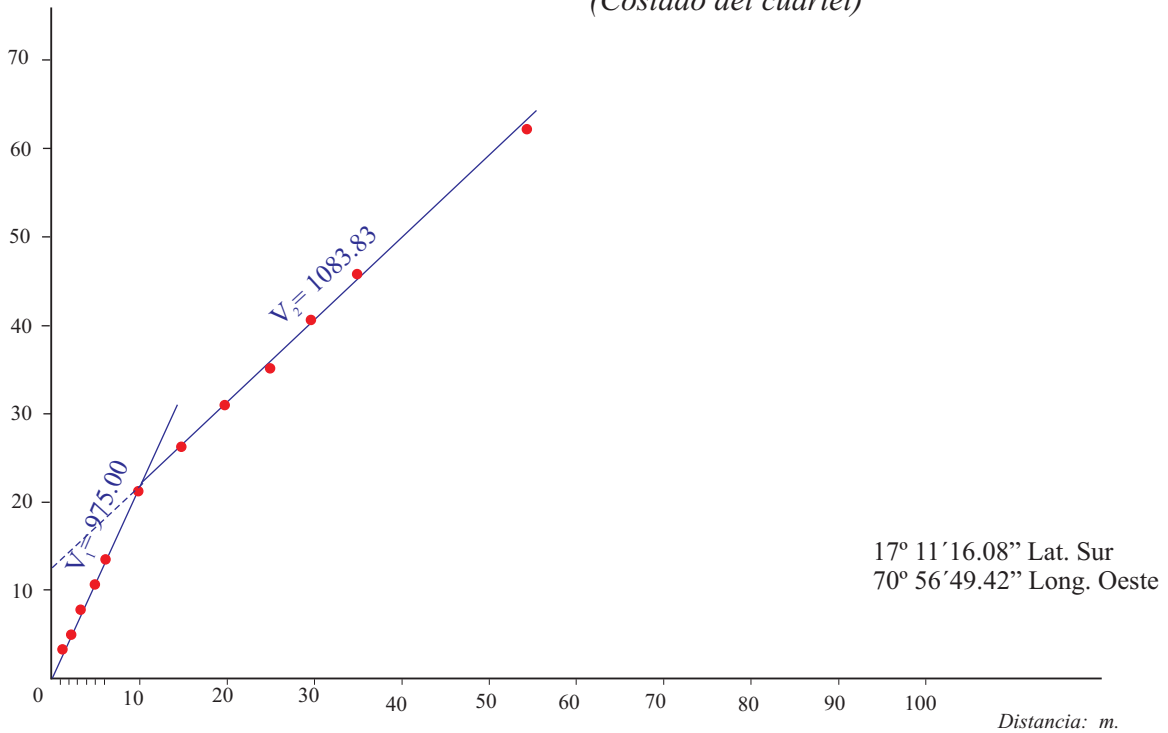
Parte final de pista del Aeropuerto



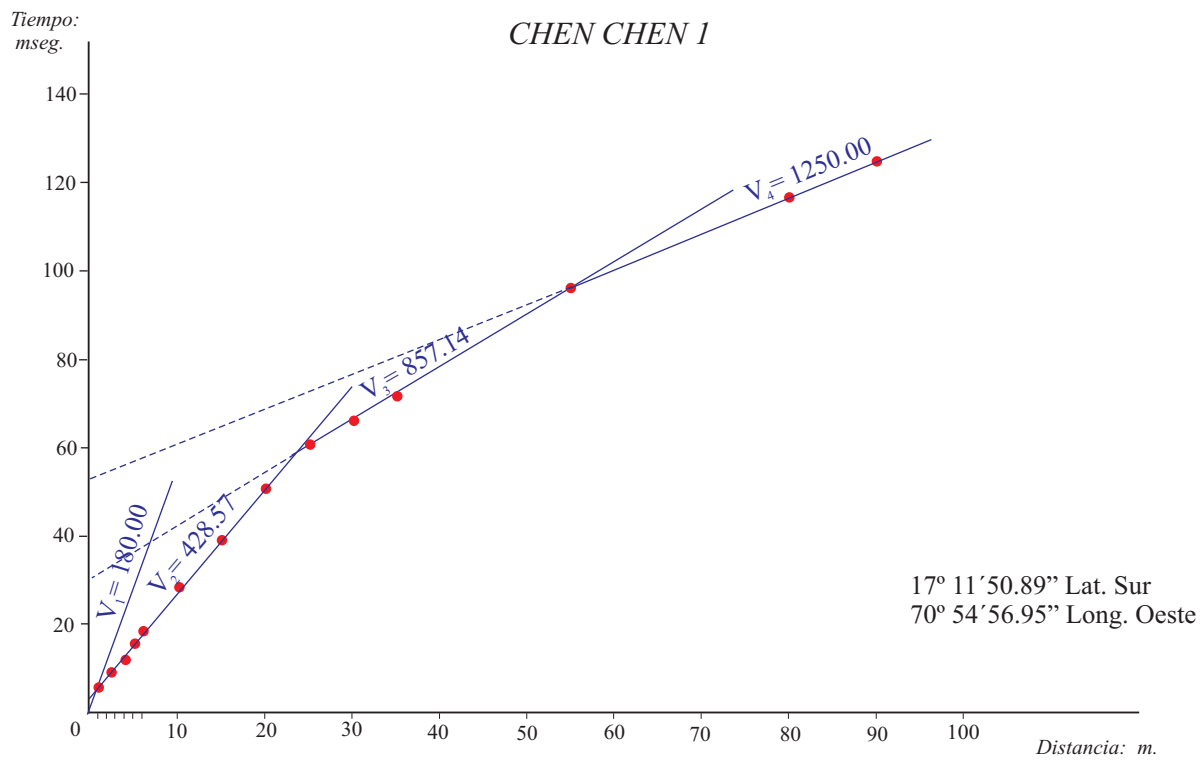
Perfil de Refracción Sísmica 05

Tiempo:
mseg.

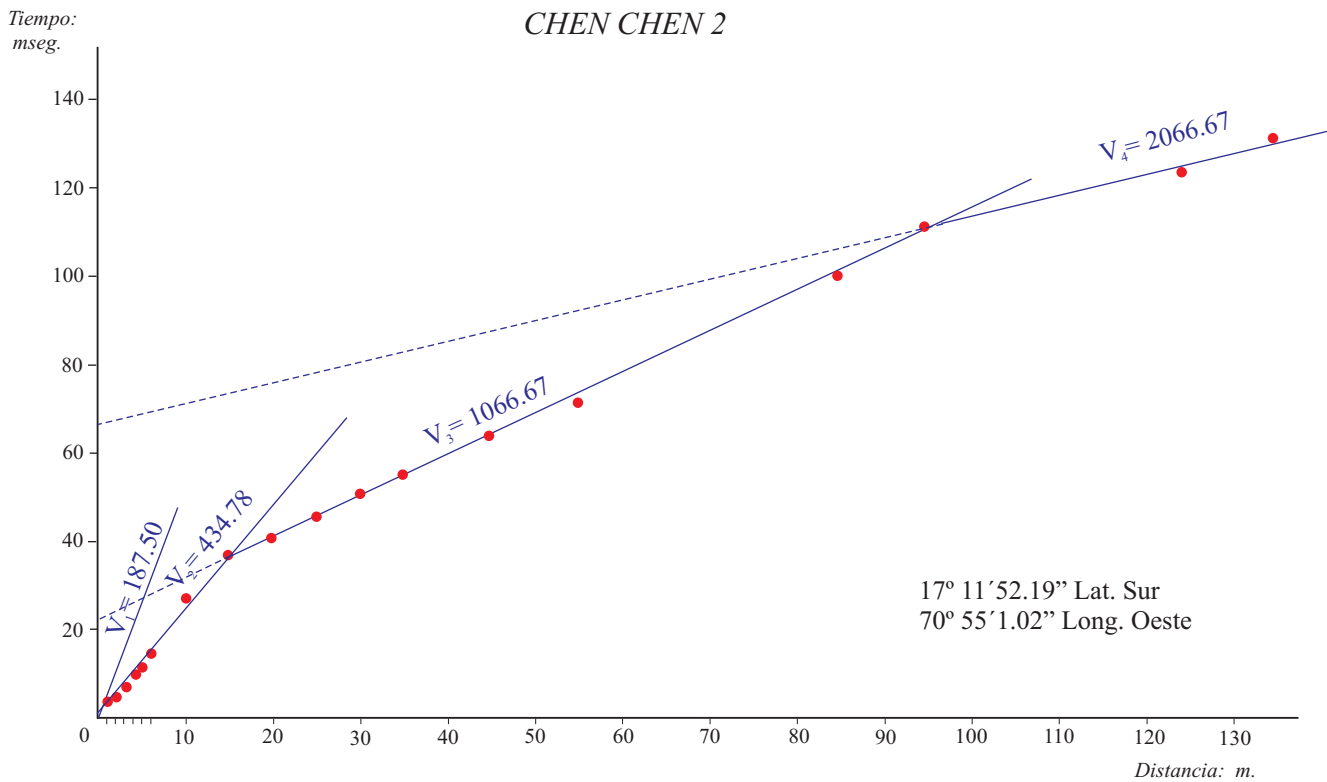
Ingreso a Moquegua
(Costado del cuartel)



Perfil de Refracción Sísmica 06



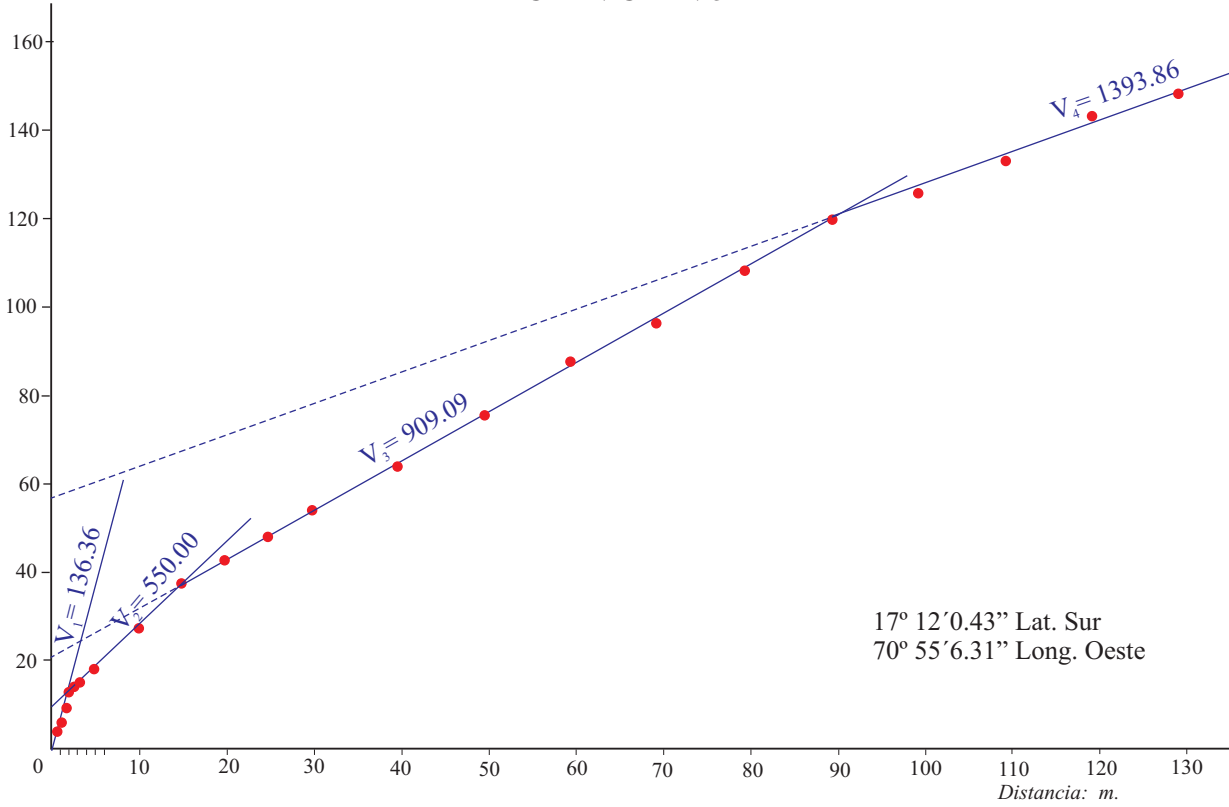
Perfil de Refracción Sísmica 07



Perfil de Refracción Sísmica 08

Tiempo:
mseg.

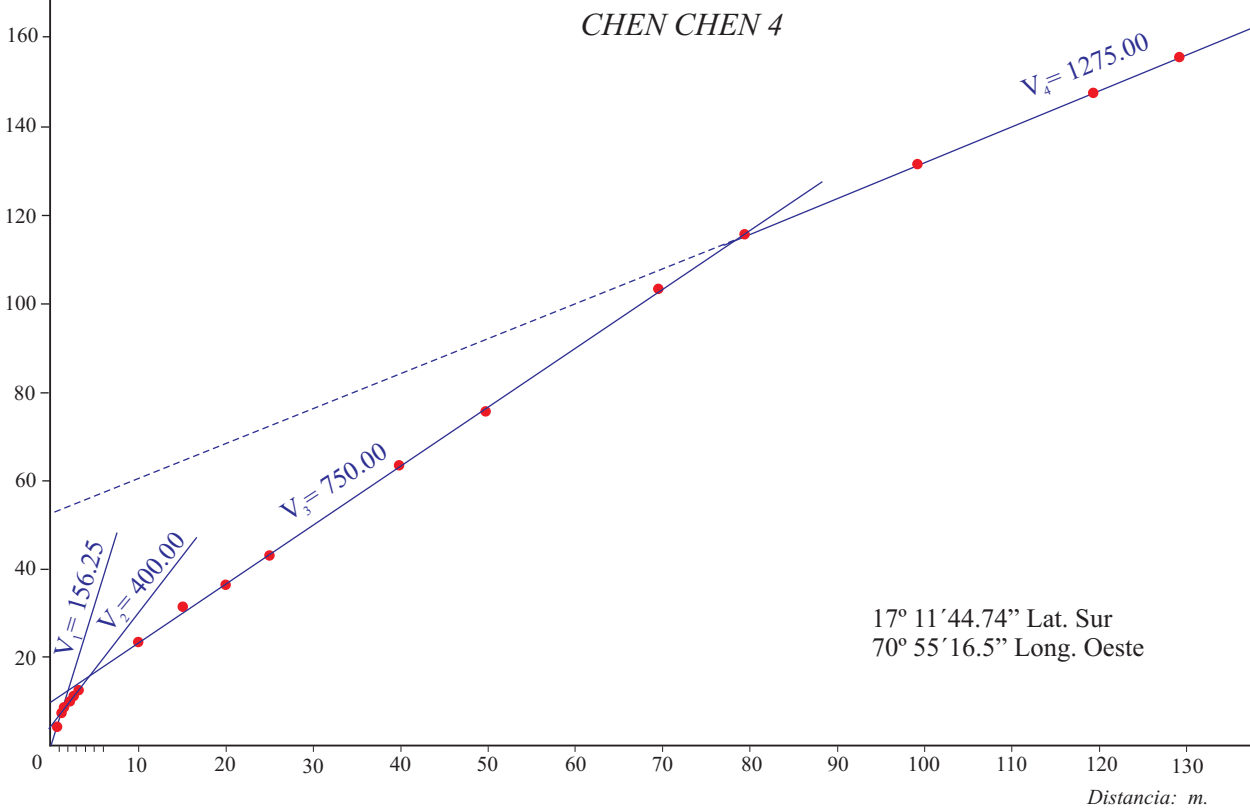
CHEN CHEN 3



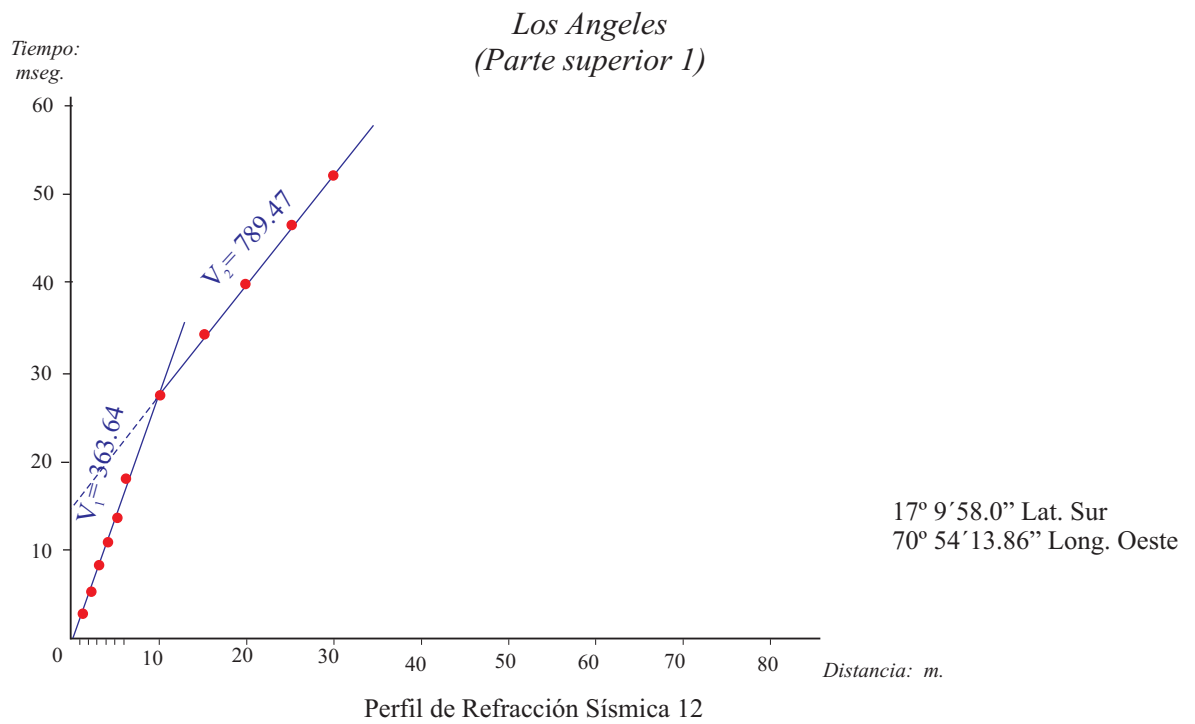
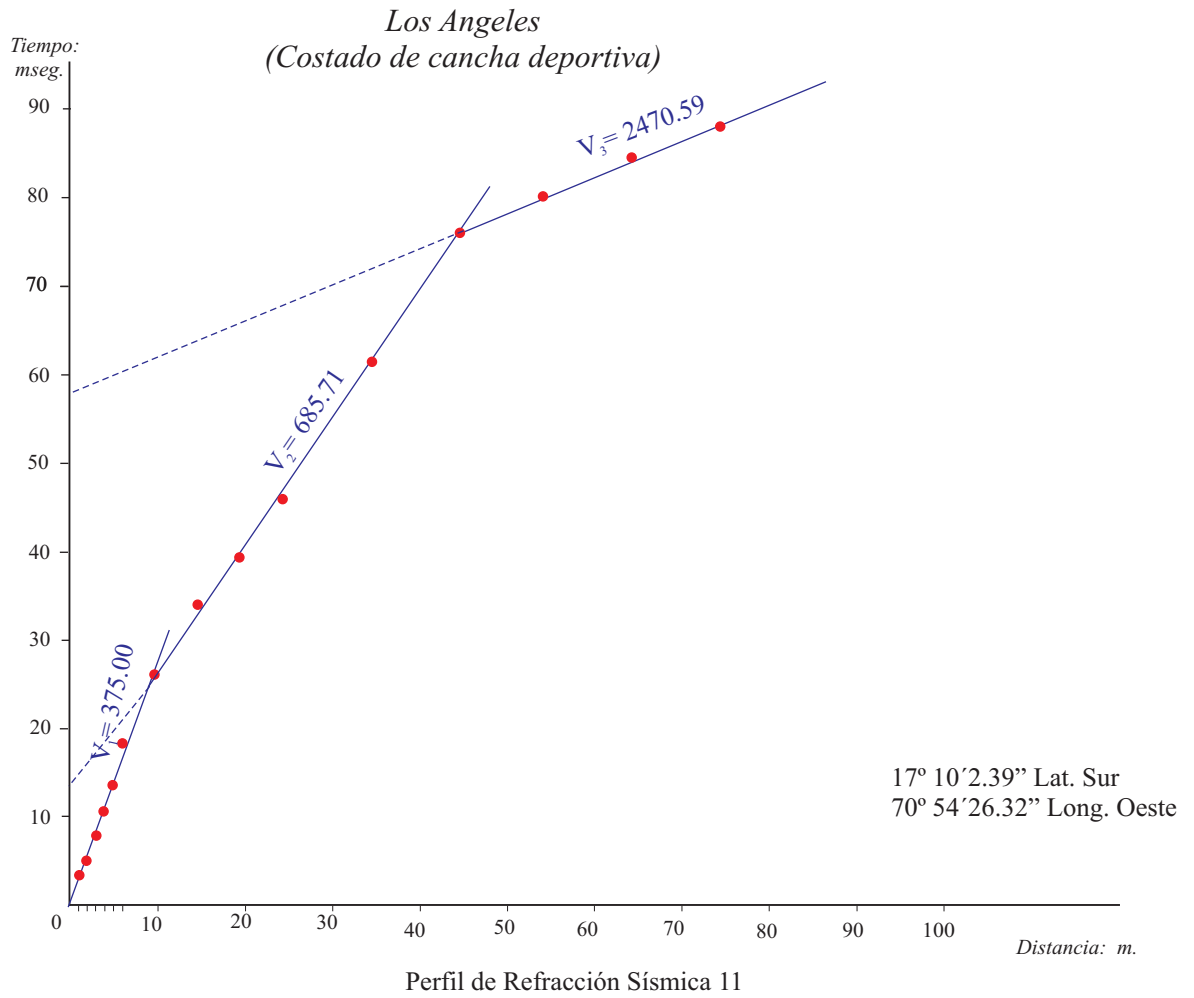
Perfil de Refracción Sísmica 09

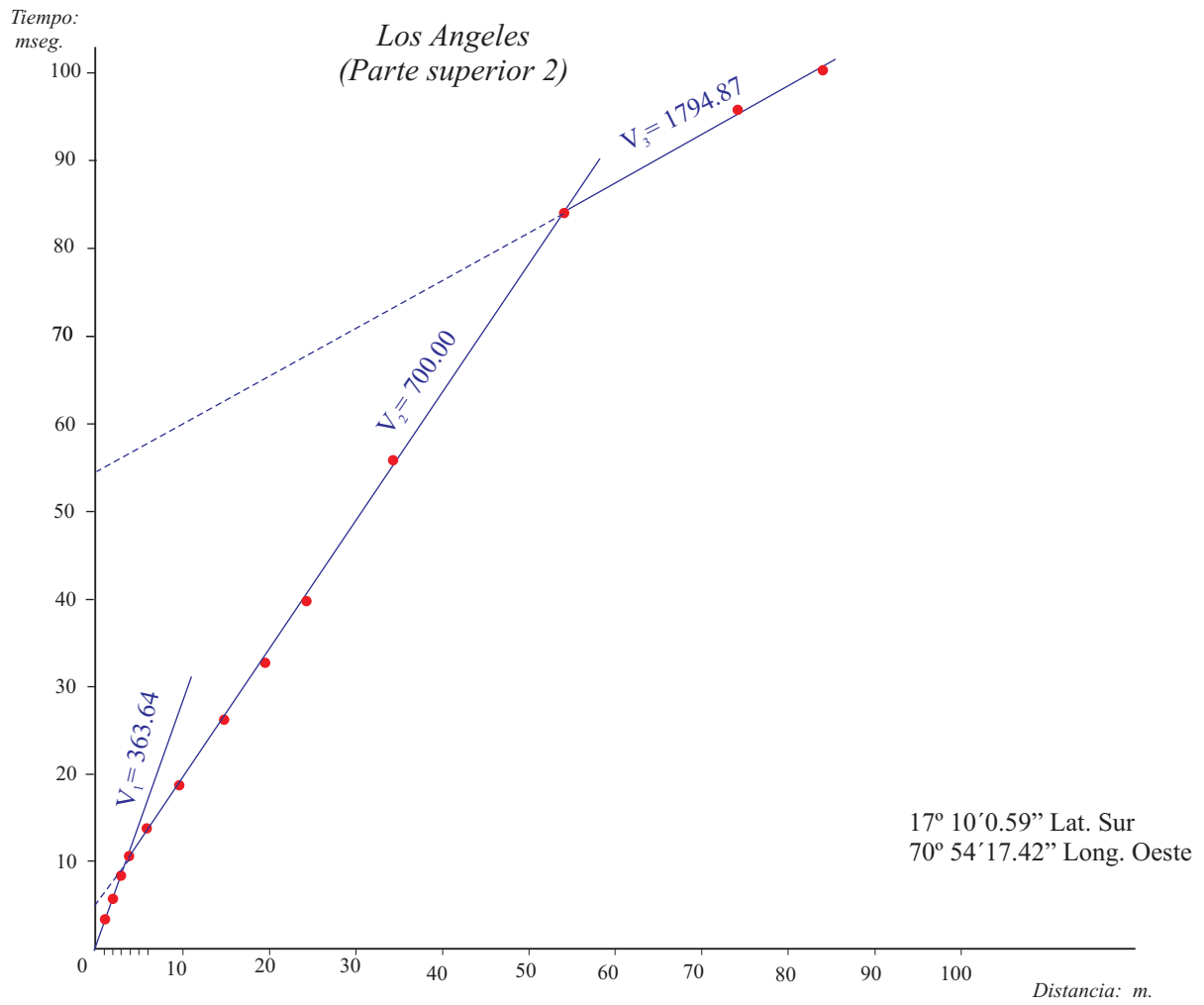
Tiempo:
mseg.

CHEN CHEN 4

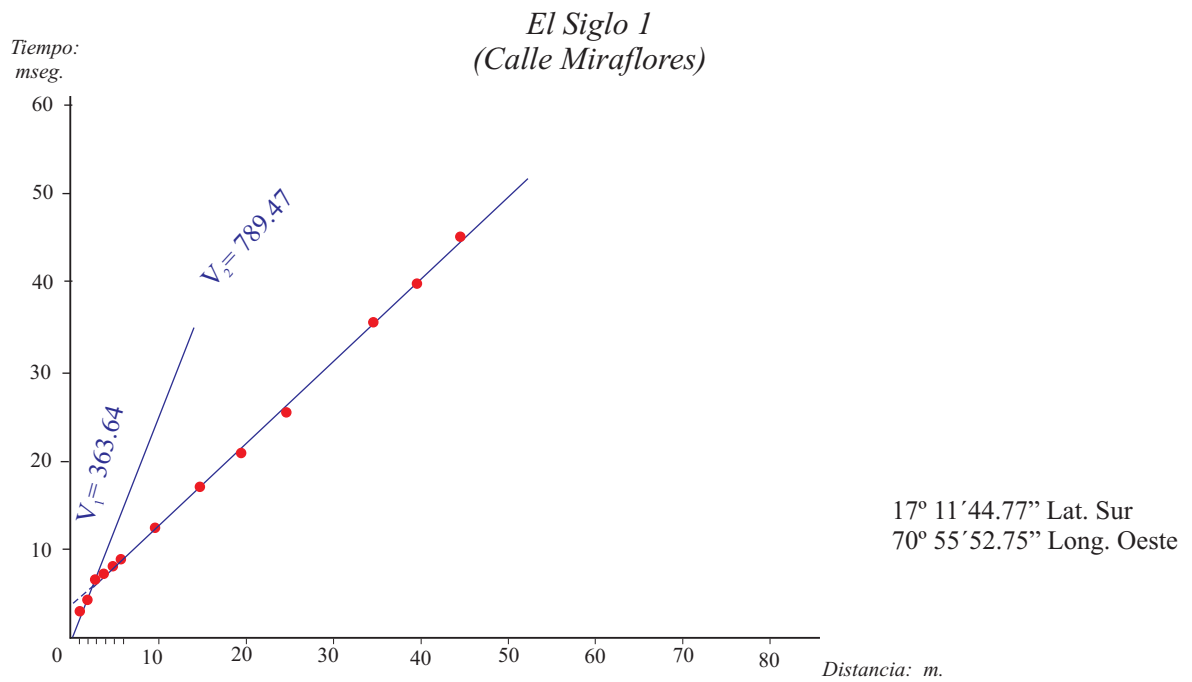


Perfil de Refracción Sísmica 10



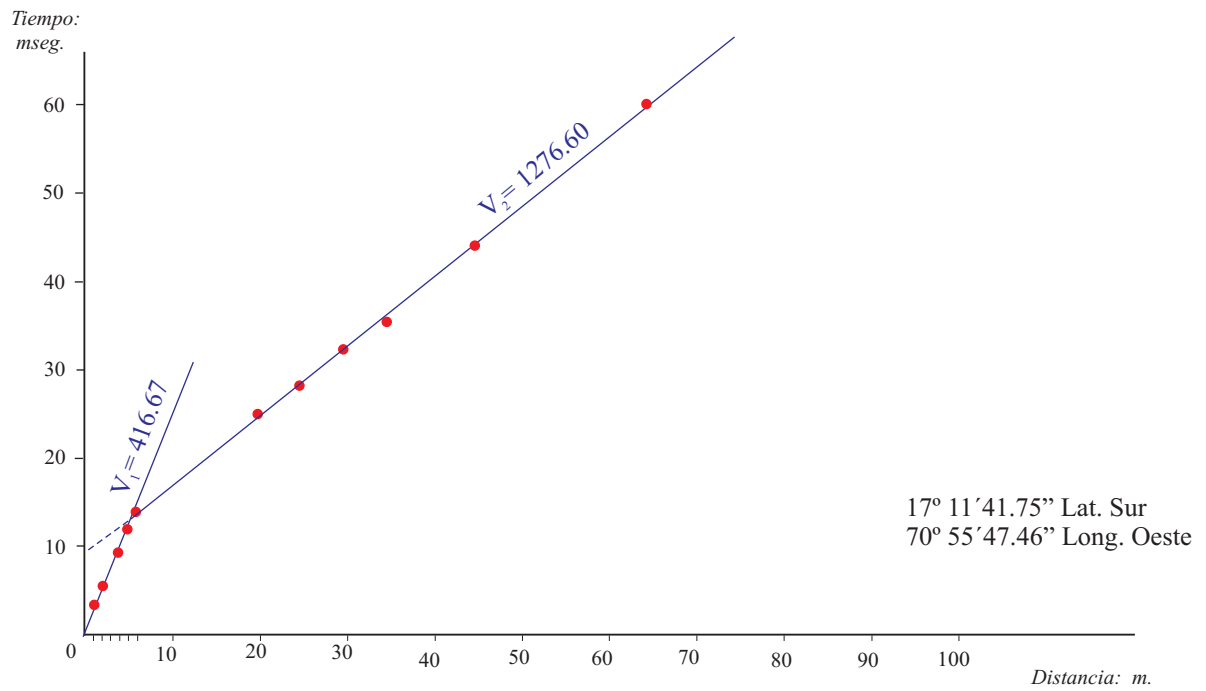


Perfil de Refracción Sísmica 13



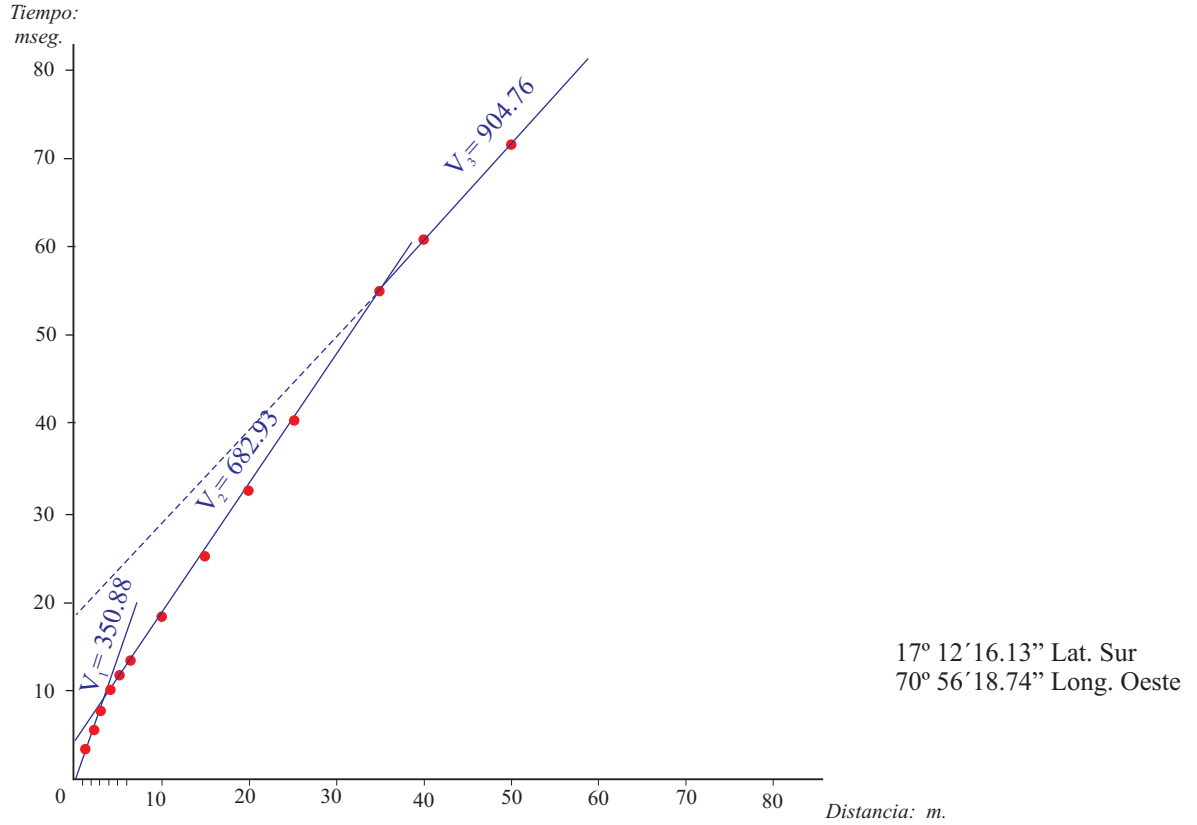
Perfil de Refracción Sísmica 14

El Siglo 2



Perfil de Refracción Sísmica 15

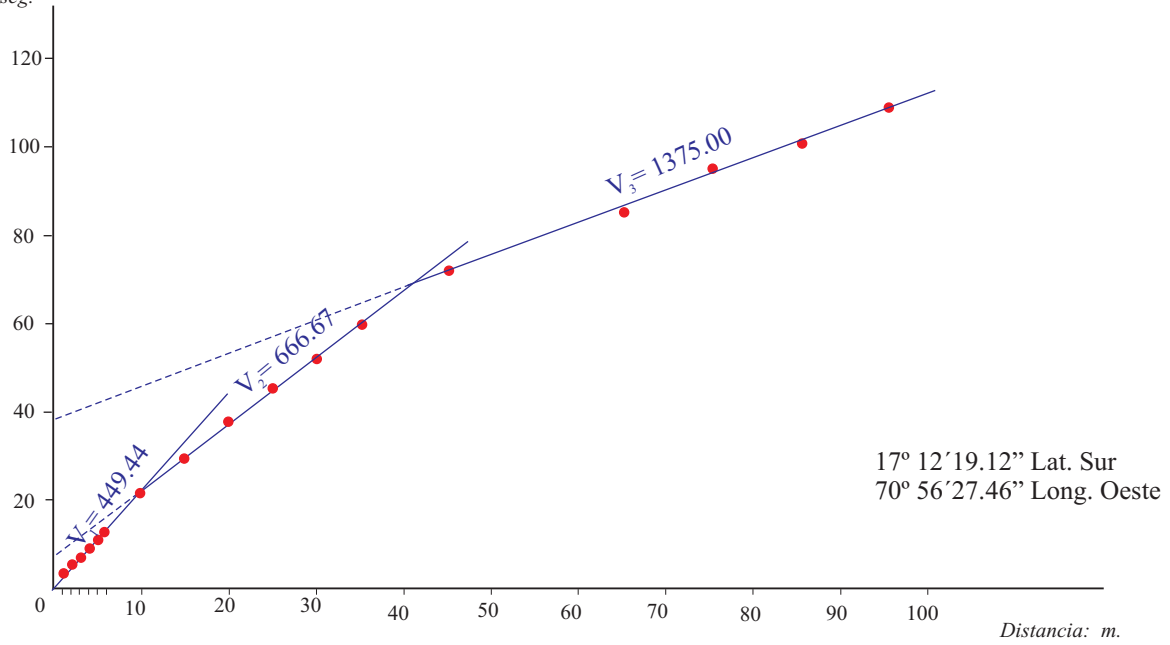
San Antonio 1



Perfil de Refracción Sísmica 16

Tiempo:
mseg.

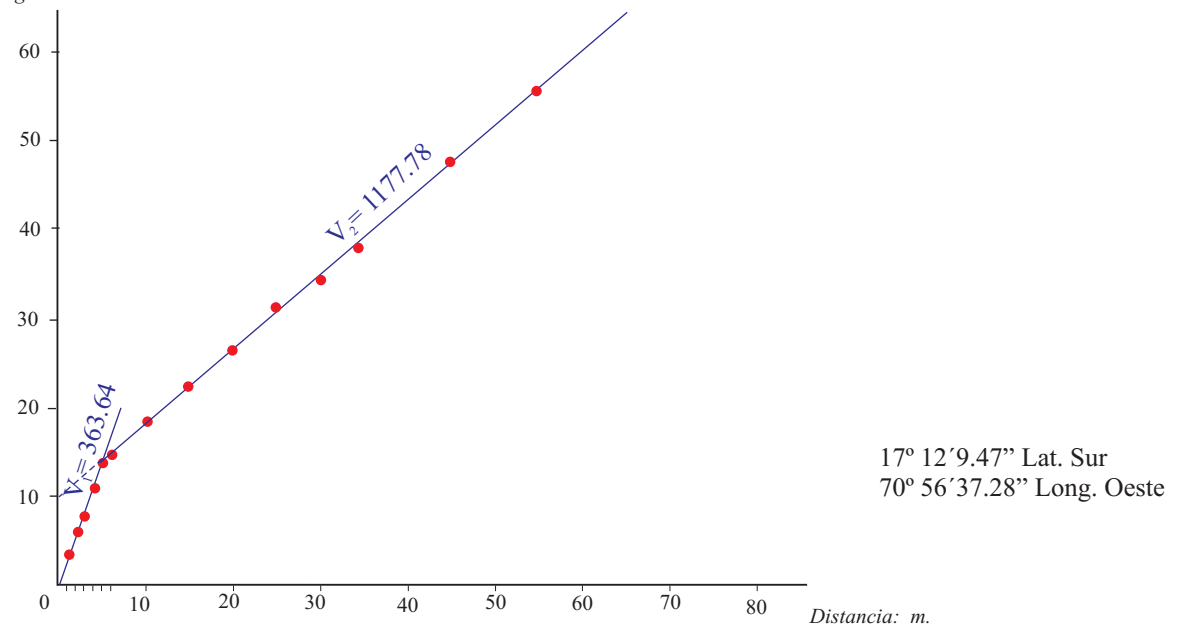
San Antonio 2



Perfil de Refracción Sísmica 17

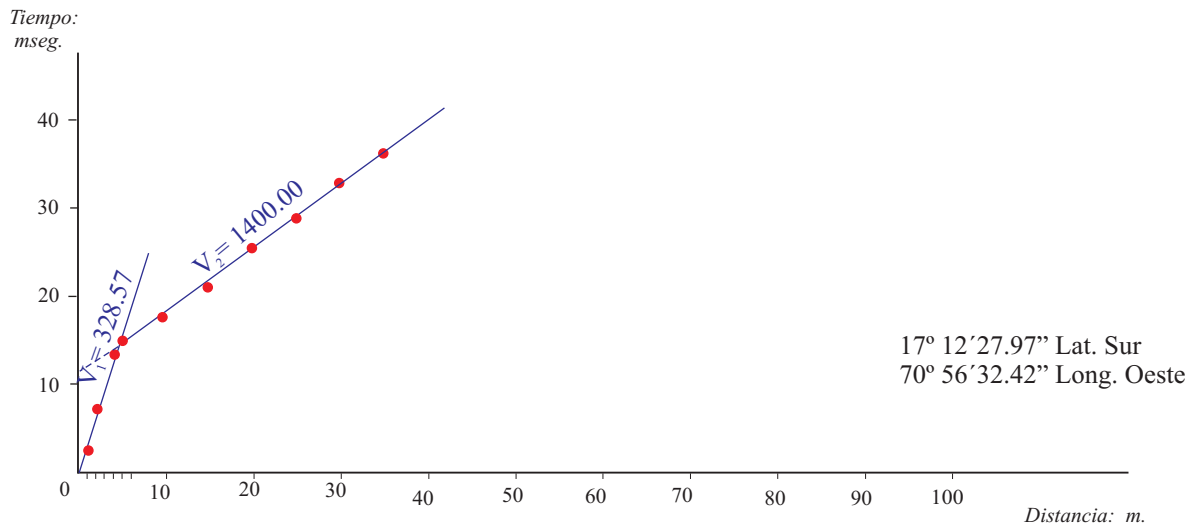
Tiempo:
mseg.

San Antonio 3



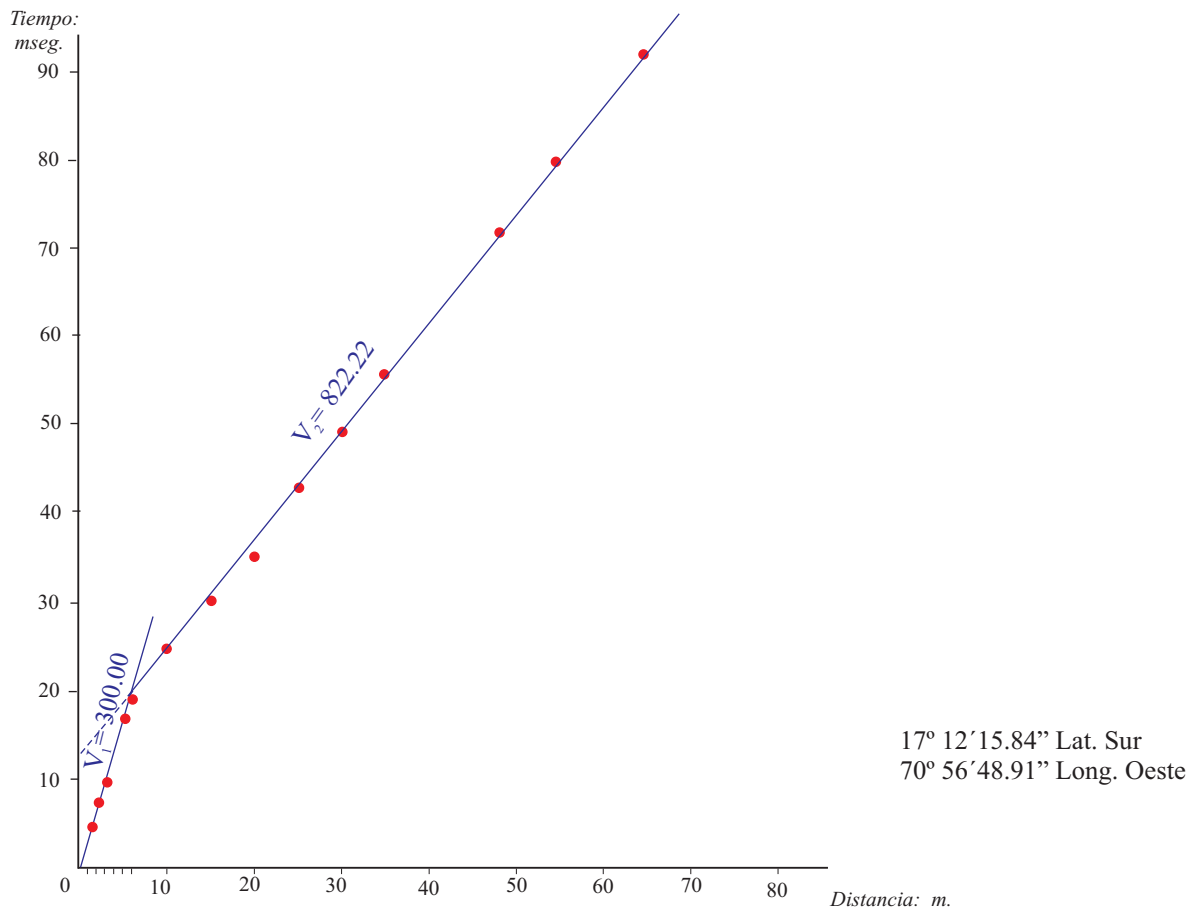
Perfil de Refracción Sísmica 18

San Antonio 4



Perfil de Refracción Sísmica 19

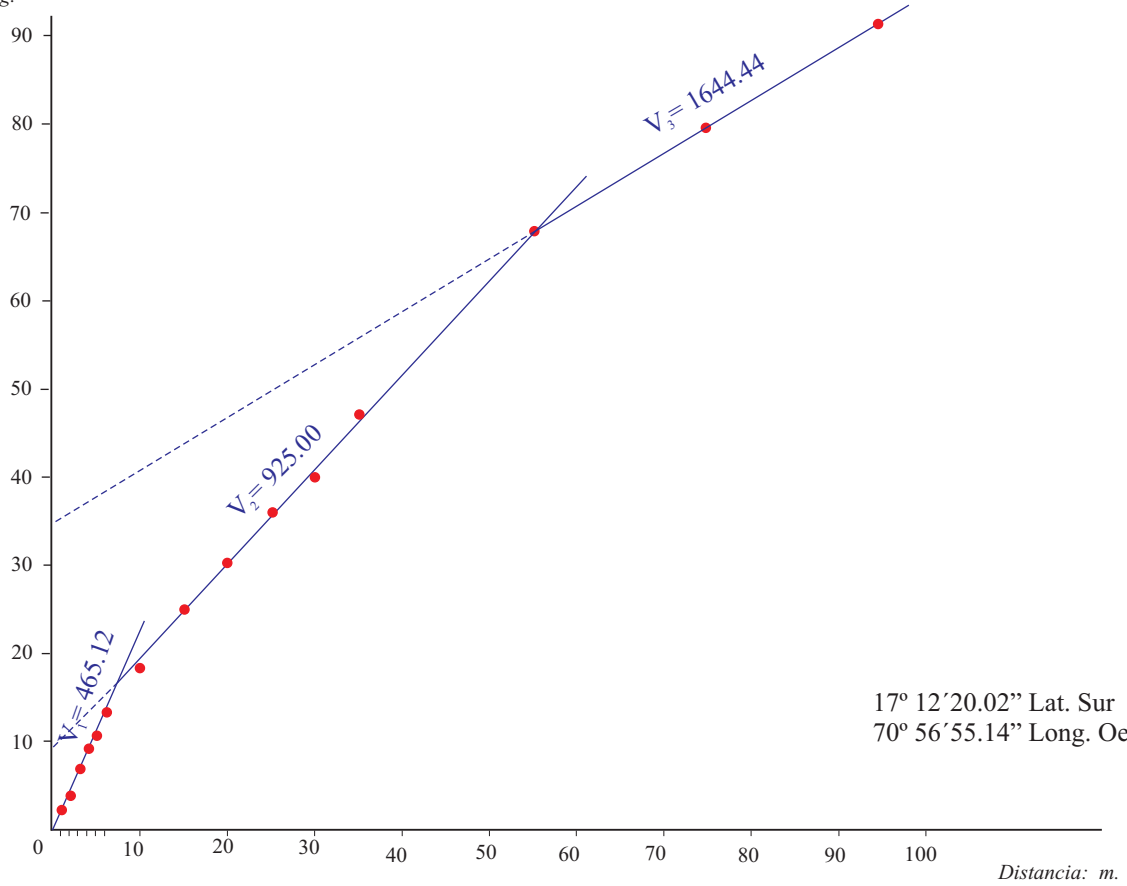
San Antonio 5



Perfil de Refracción Sísmica 20

Tiempo:
mseg.

San Antonio 6

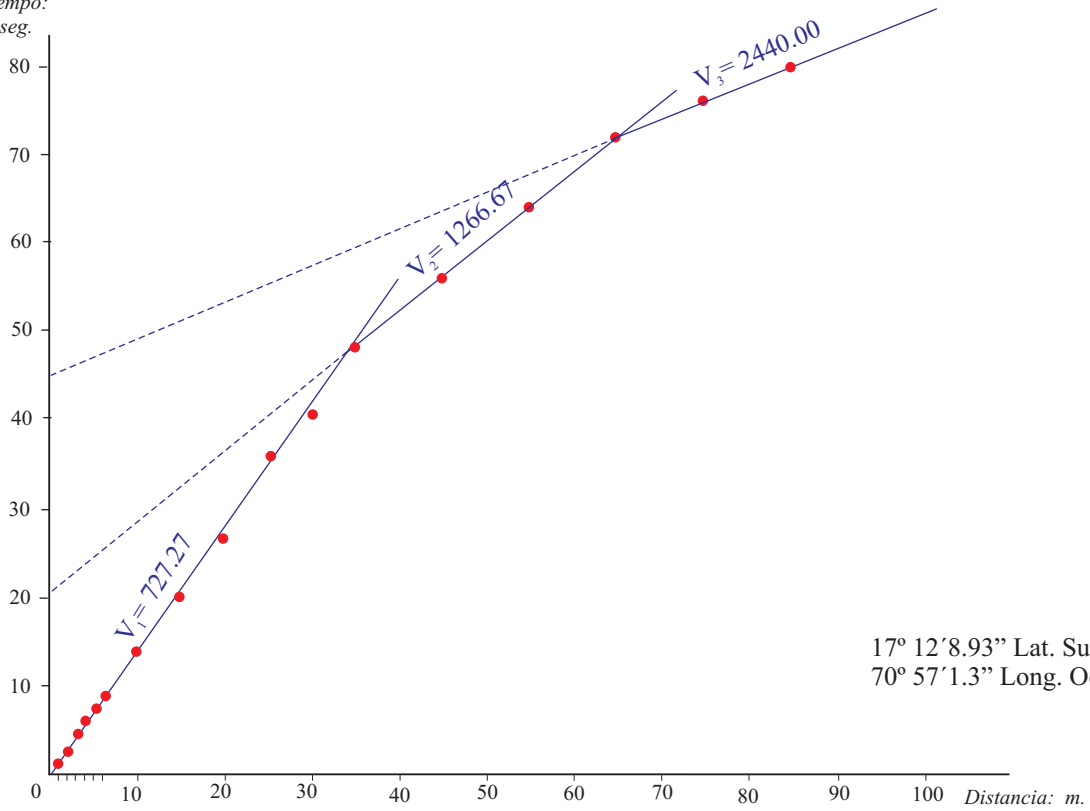


17° 12' 20.02" Lat. Sur
70° 56' 55.14" Long. Oeste

Perfil de Refracción Sísmica 21

Tiempo:
mseg.

San Antonio 7

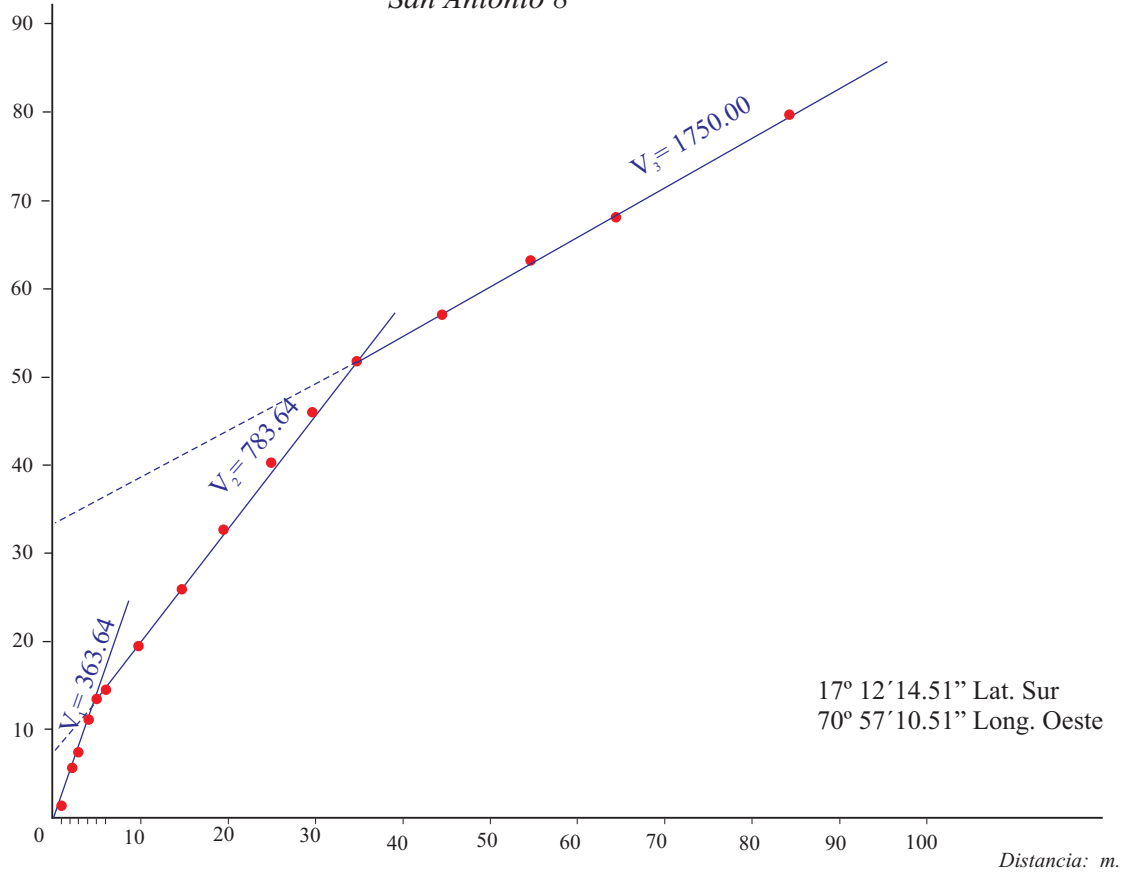


17° 12' 8.93" Lat. Sur
70° 57' 1.3" Long. Oeste

Perfil de Refracción Sísmica 22

Tiempo:
mseg.

San Antonio 8



17° 12' 14.51" Lat. Sur
70° 57' 10.51" Long. Oeste

Perfil de Refracción Sísmica 23

B. LISTA DE COLUMNAS SÍSMICAS

1. COLUMNA SISMICA (SAN FRANCISCO)

- San Francisco (Los Ficus)
- San Francisco (Tanque de agua)
- San Francisco (Colegio Técnico-Posta Médica)

2. COLUMNA SISMICA (CERCADO, AEROPUERTO E INGRESO A MOQUEGUA)

- Cercado (Calle Junin)
- Final del Aeropuerto
- Ingreso a Moquegua (Costado de ejercito)

3a. COLUMNA SISMICA (CHEN CHEN)

- Chen Chen 1 (Parte superior)
- Chen Chen 2 (Parte superior)

3b. COLUMNA SISMICA (CHEN CHEN)

- Chen Chen 3 (Biohuerto familiar)
- Chen Chen 4 (César Vizcarra)

4. COLUMNA SISMICA (LOS ANGELES)

- Los Angeles 1 (Costado de cancha deportiva)
- Los Angeles 2 (Parte superior)
- Los Angeles 3 (Parte intermedia)

5. COLUMNA SISMICA (EL SIGLO)

- El Siglo 1 (Calle Miraflores)
- El Siglo 2 (Parte superior)

6a. COLUMNA SISMICA (SAN ANTONIO)

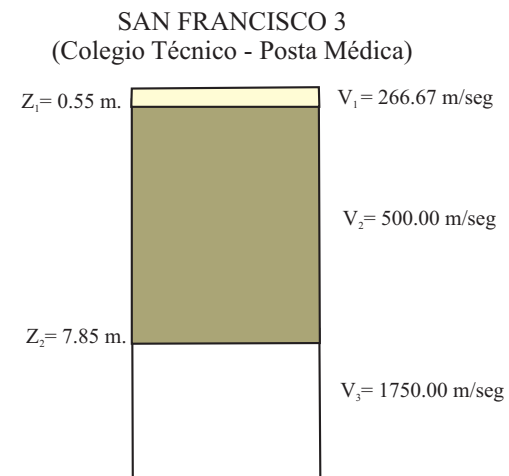
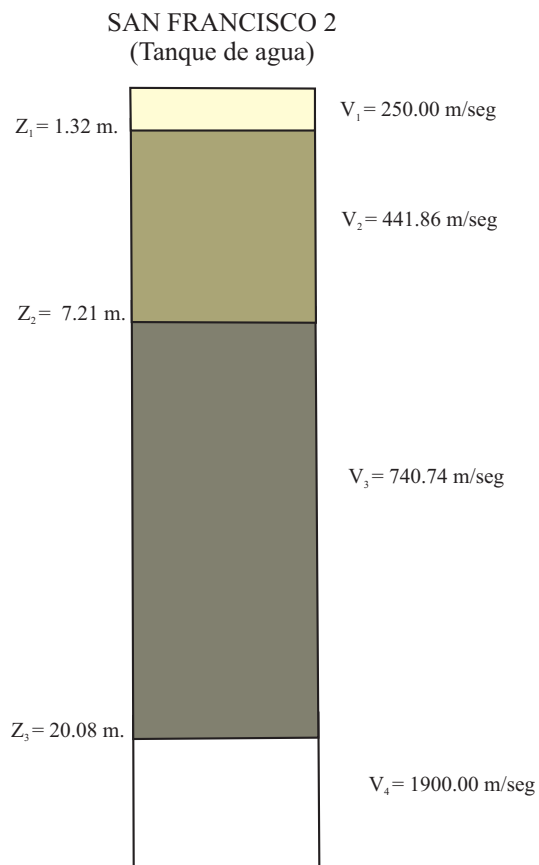
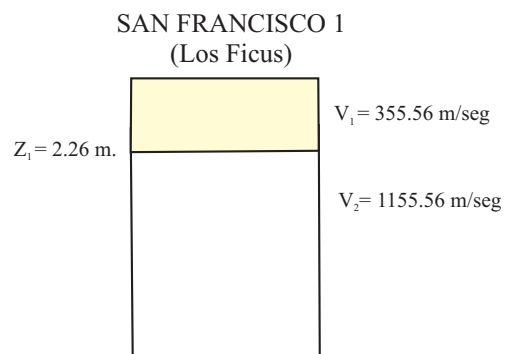
- San Antonio 1
- San Antonio 2
- San Antonio 3

6b. COLUMNA SISMICA (SAN ANTONIO)

- San Antonio 4
- San Antonio 5
- San Antonio 6

6c. COLUMNA SISMICA (SAN ANTONIO)

- San Antonio 7
- San Antonio 8



**Leyenda
San Francisco**

- Arena con grava poco consolidada
- Arena con gravas medianamente consolidada
- Arena con gravas algo más consolidadas
- Areniscas con porcentajes de limos y arcillas

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad

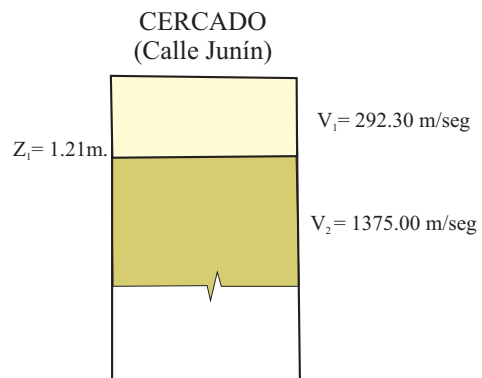


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA SISMICA
SAN FRANCISCO**

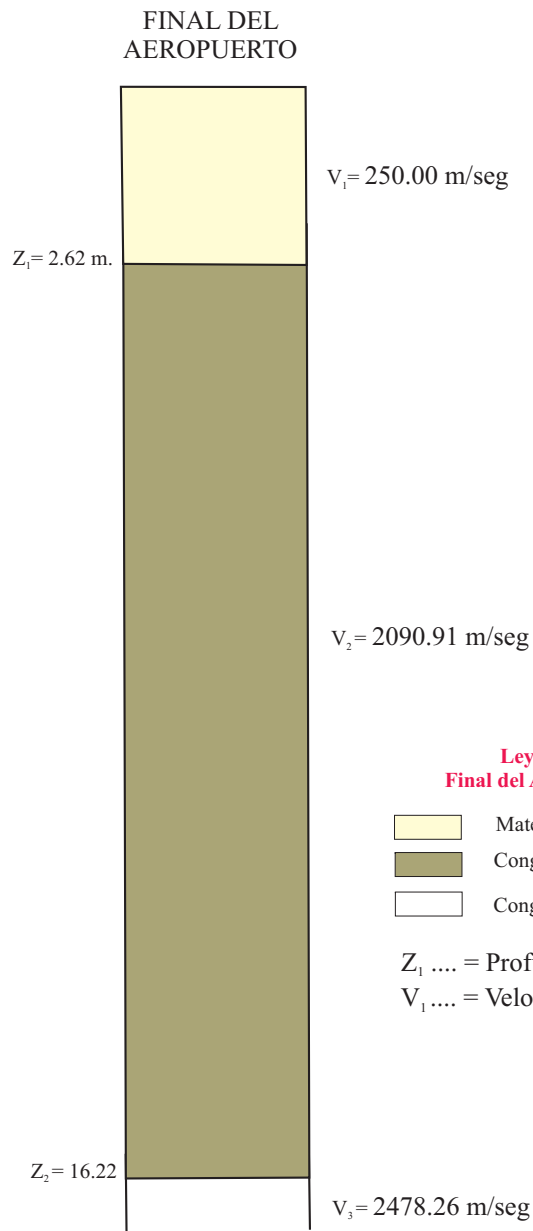
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 1



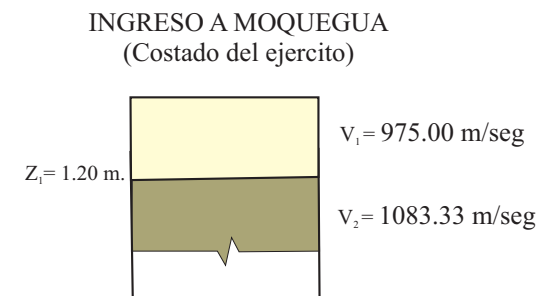
- Leyenda Cercado**
- Sedimentos incompetentes
 - Areniscas con cierta consolidación

$Z_1 \dots = \text{Profundidad}$
 $V_1 \dots = \text{Velocidad}$



- Leyenda Final del Aeropuerto**
- Material suelto
 - Conglomerado medianamente consolidado
 - Conglomerado más compacto

$Z_1 \dots = \text{Profundidad}$
 $V_1 \dots = \text{Velocidad}$



Leyenda Ingreso a Moquegua

- Material arenoso con gravas
- Aluvial semicompacto

$Z_1 \dots = \text{Profundidad}$
 $V_1 \dots = \text{Velocidad}$

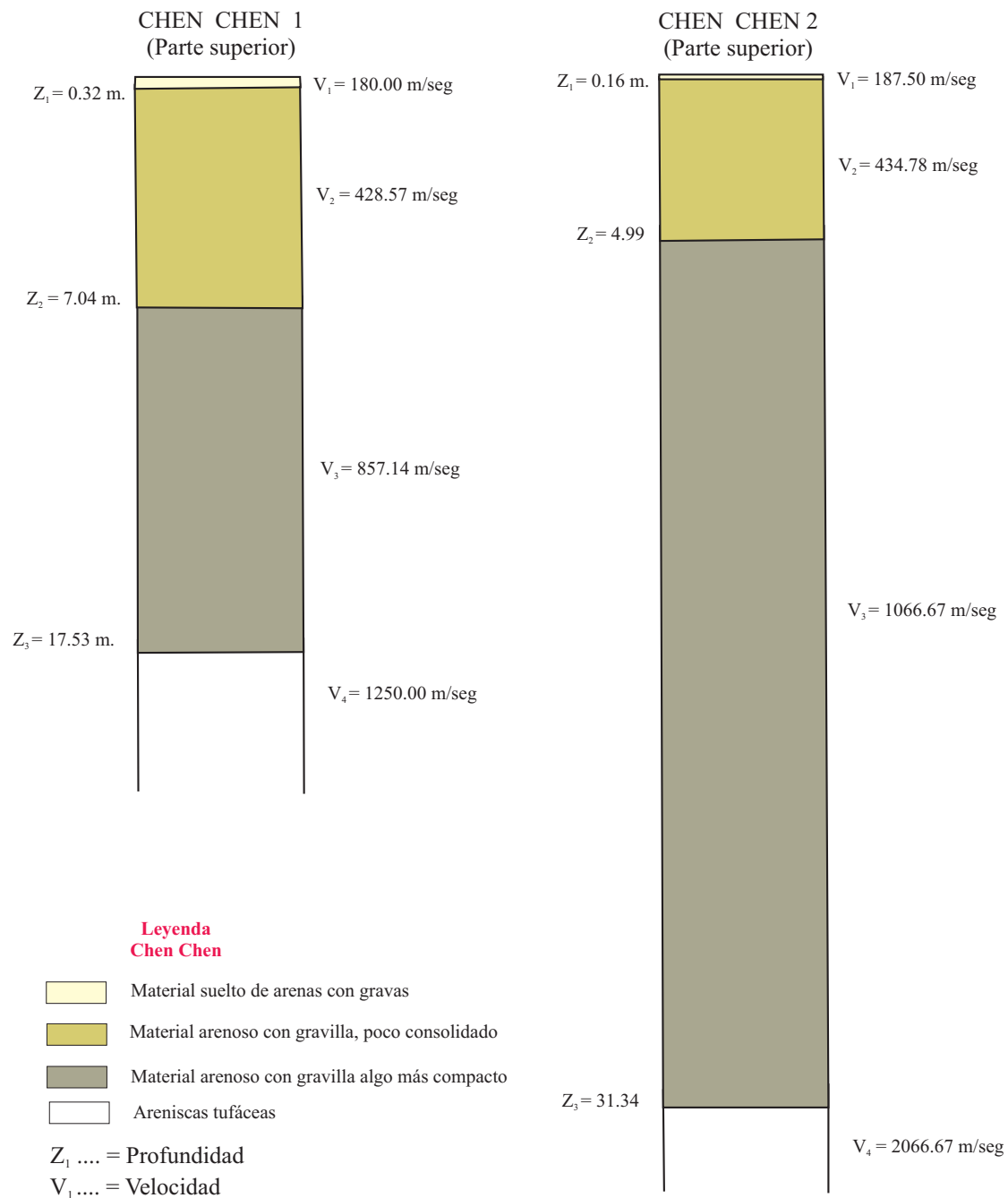


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
CERCADO, AEROPUERTO E
INGRESO A MOQUEGUA

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2

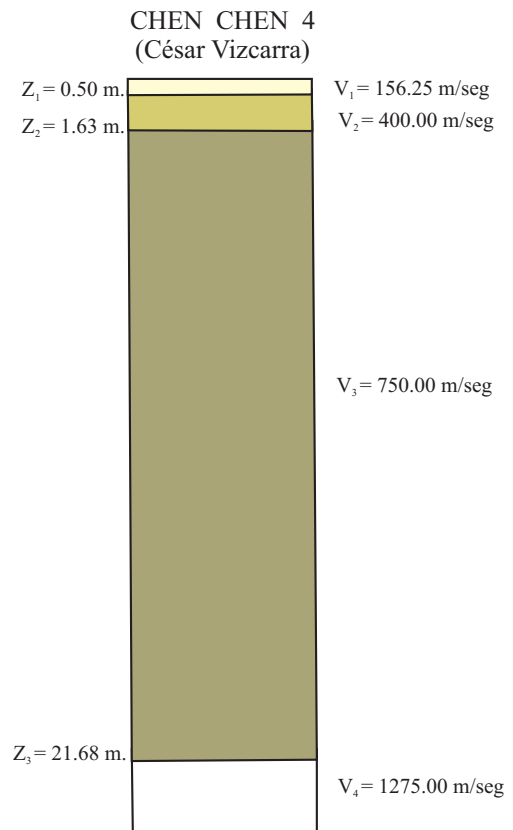
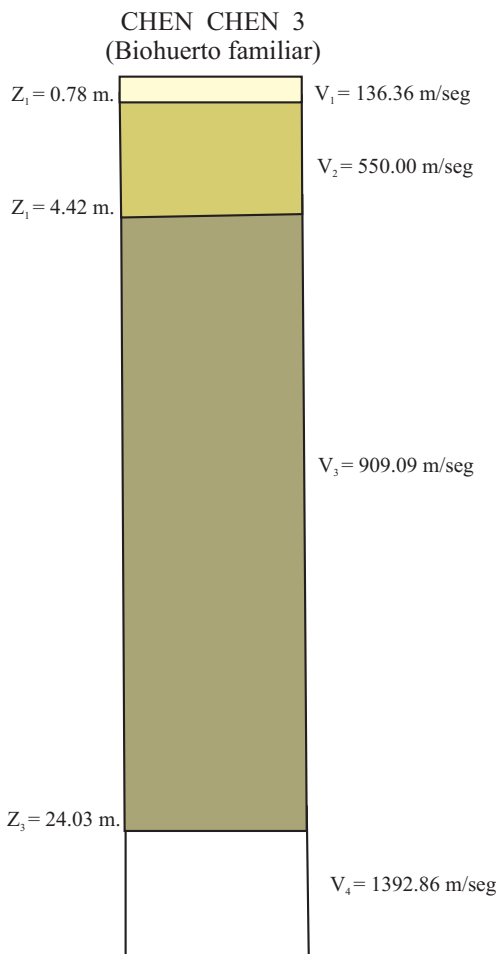


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI





COLUMNA SISMICA
CHEN CHEN

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 3a



Leyenda
Chen Chen

-  Material suelto de arenas con gravas
-  Material arenoso con gravilla, poco consolidado
-  Material arenoso con gravilla algo más compacto
-  Areniscas tufáceas

Z₁ = Profundidad

V₁ = Velocidad

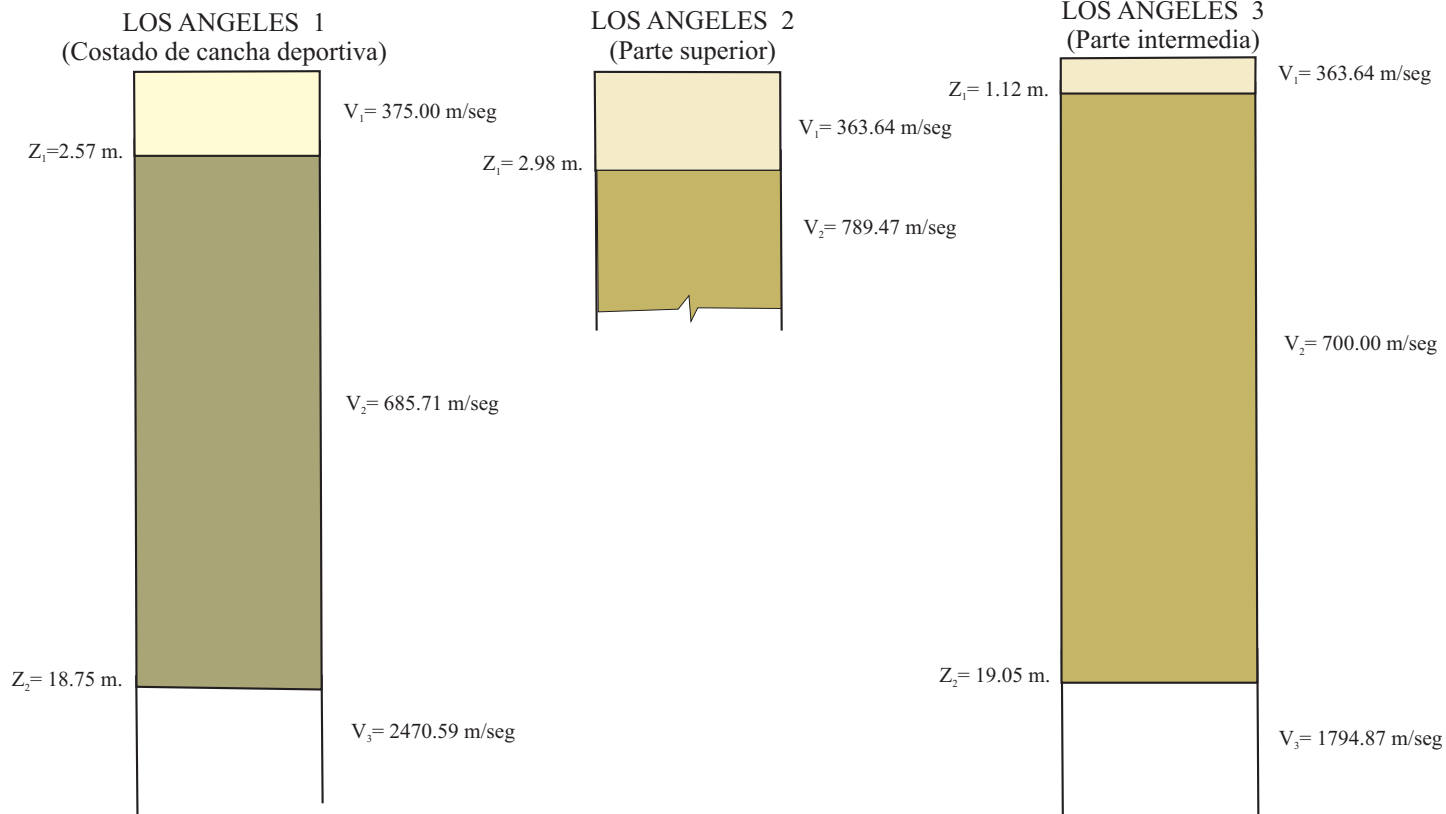


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
CHEN CHEN

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 3b



**Leyenda
Los Angeles 1**

- Depósito deluvial (gravas angulosas a subangulosas), en matriz areno limosa, poco consolidada
- Grava arenosa algo más consolidada
- Probable conglomerado con fragmentos redondeados a subredondeados

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad

**Leyenda
Los Angeles 2-3**

- Material arenoso con gravas
- Material grava arenosa, medianamente consolidado
- Conglomerado bastante consolidado

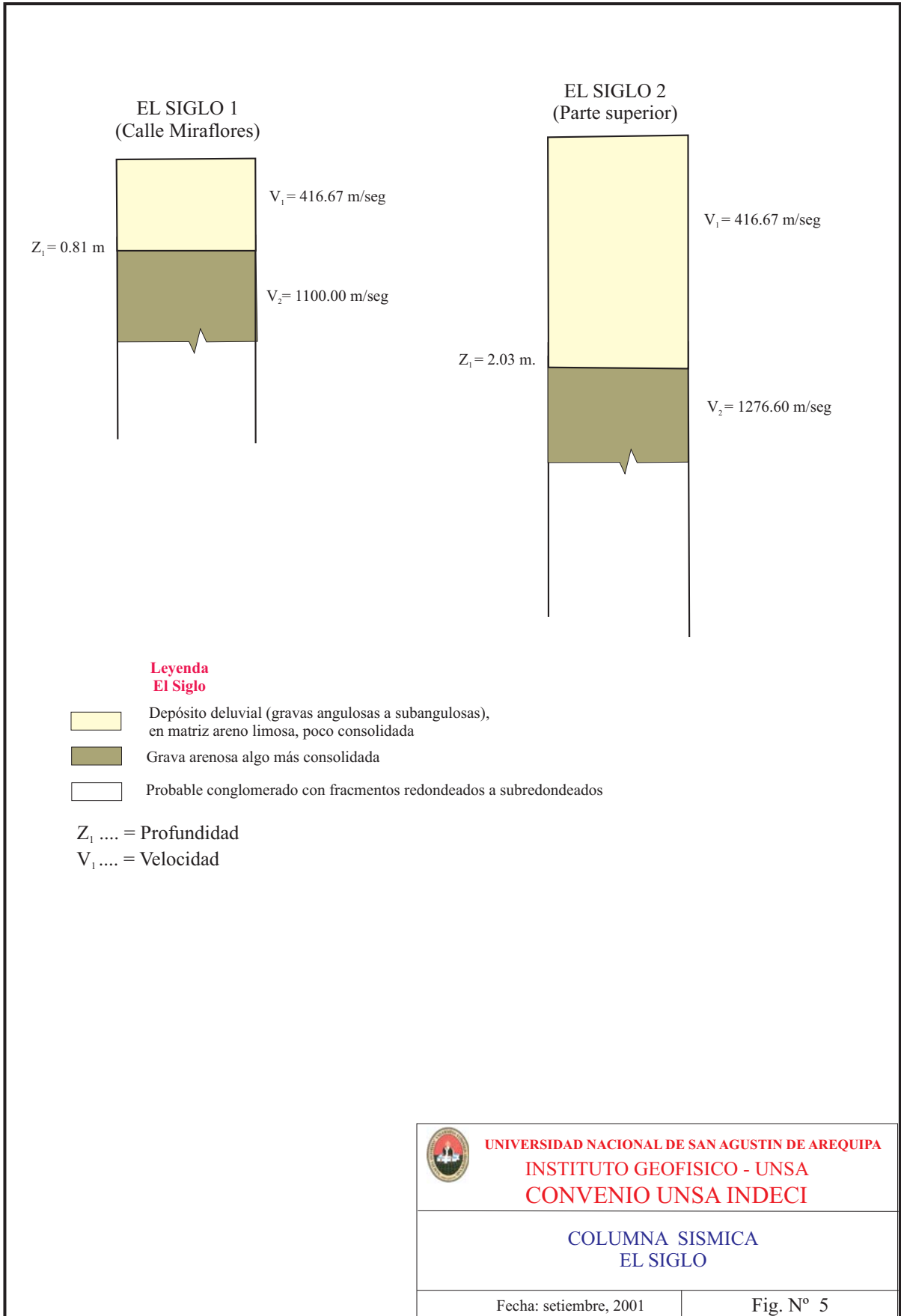


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

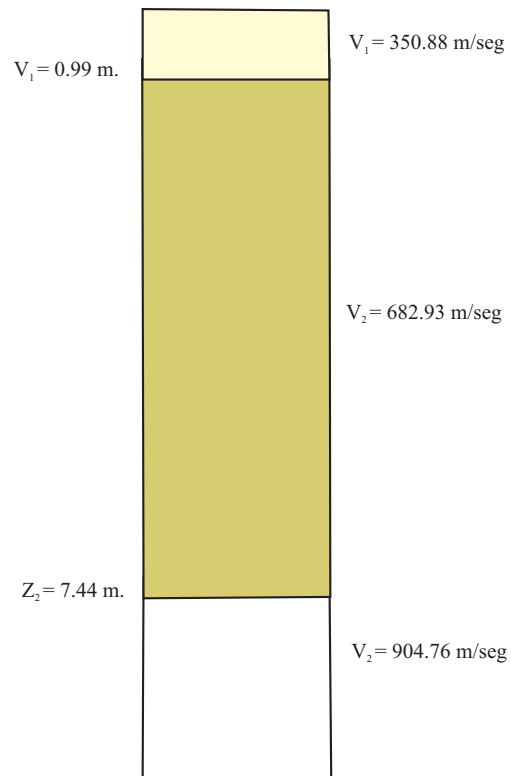
**COLUMNA SISMICA
LOS ANGELES**

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 4



SAN ANTONIO 1

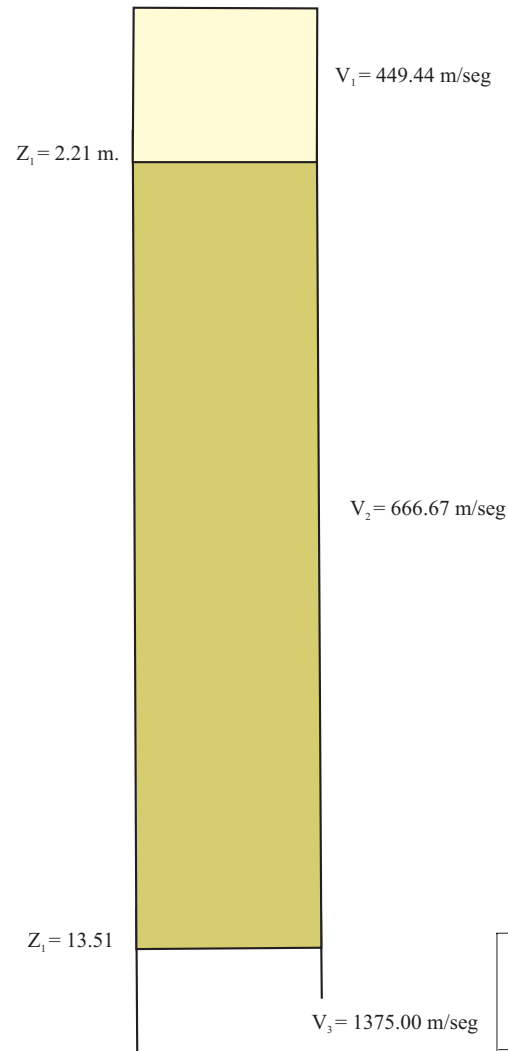


Leyenda
San Antonio 1 y 2

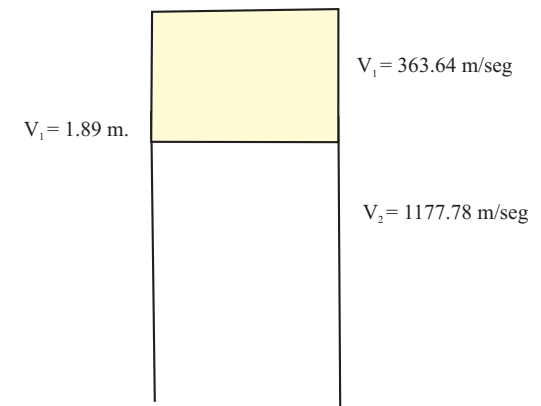
- Arenas con gravilla pobremente compactadas
- Arenas con gravilla más competente
- Arenisca algo competente

$Z_1 \dots = \text{Profundidad}$
 $V_1 \dots = \text{Velocidad}$

SAN ANTONIO 2



SAN ANTONIO 3



Leyenda
San Antonio 3

- Arenas con gravilla pobremente compactadas
- Arenisca algo competente

$Z_1 \dots = \text{Profundidad}$
 $V_1 \dots = \text{Velocidad}$



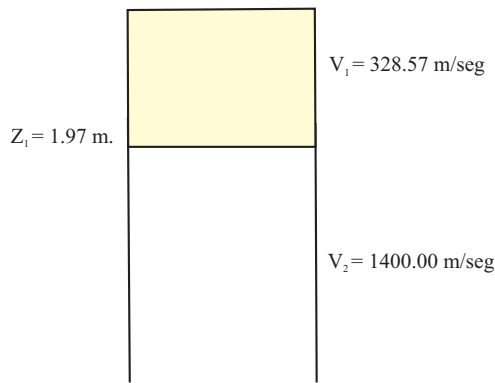
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
 SAN ANTONIO

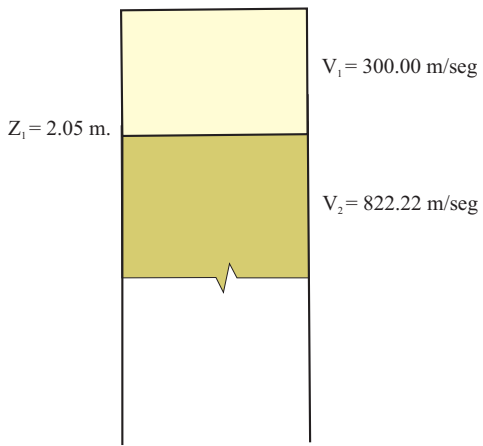
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 6a

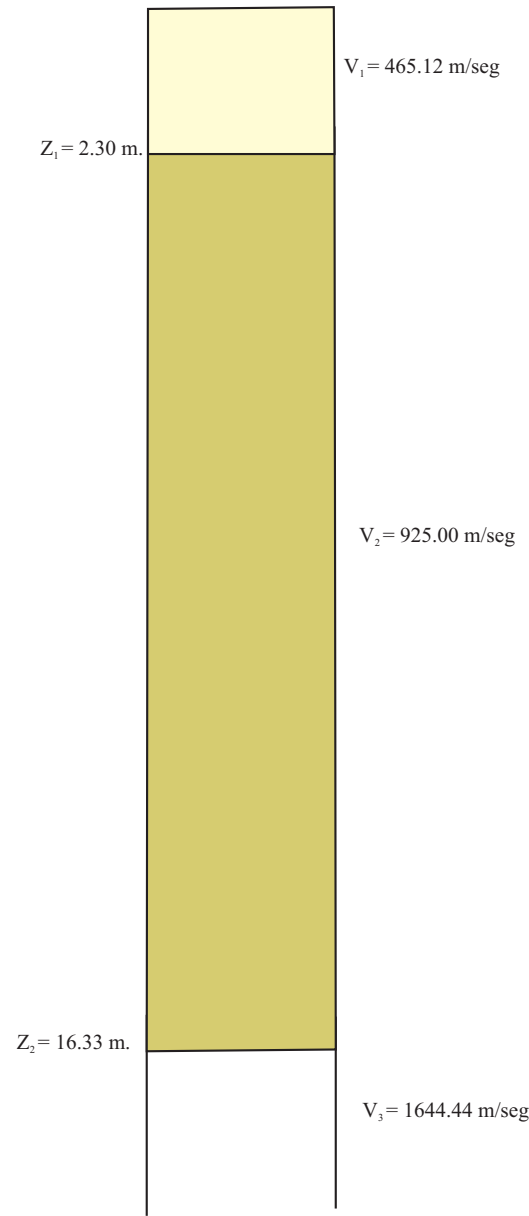
SAN ANTONIO 4



SAN ANTONIO 5



SAN ANTONIO 6



Leyenda
San Antonio 4, 5 y 6

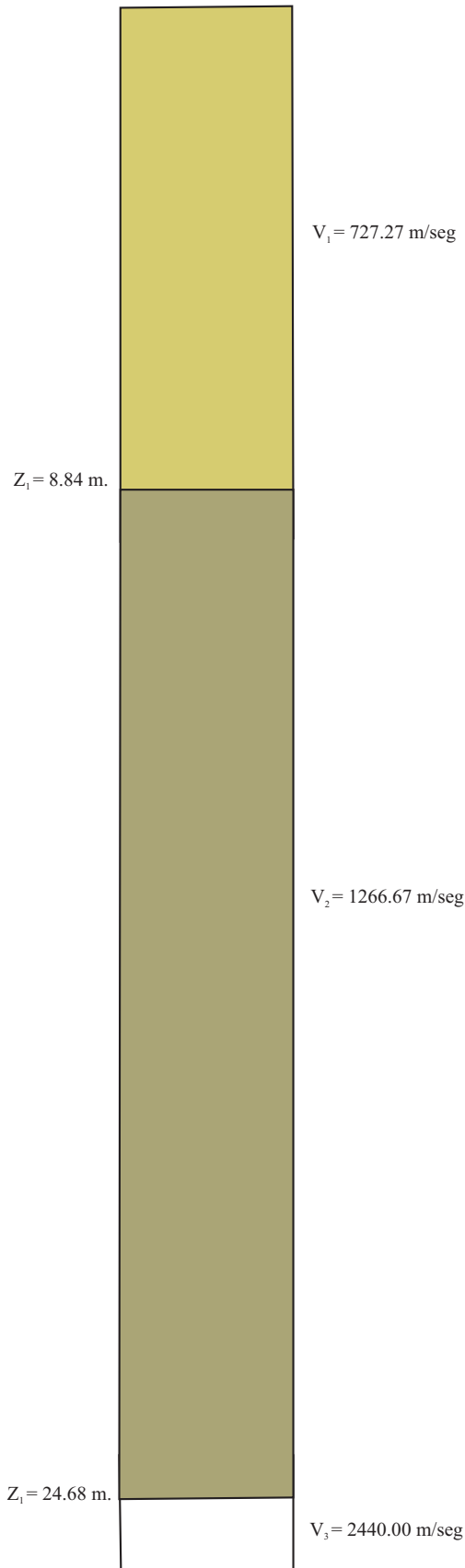
- Arenas con gravilla pobremente compactadas
- Arenas con gravilla más competente
- Arenisca algo competente

$Z_1 \dots =$ Profundidad

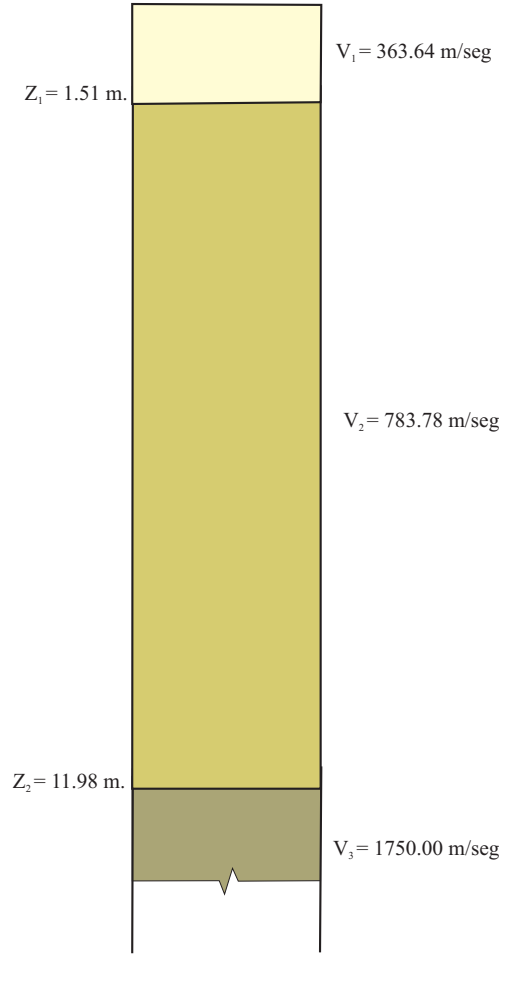
$V_1 \dots =$ Velocidad

<p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI</p>
<p>COLUMNA SISMICA SAN ANTONIO</p>
<div style="width: 45%;"> <p>Fecha: setiembre, 2001</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Fig. N° 6b</p> </div>

SAN ANTONIO 7



SAN ANTONIO 8



Leyenda
San Antonio 7 y 8

- Arenas con gravilla pobremente compactadas
- Arenas con gravilla más competente
- Arenisca algo competente
- Arenisca algo más competente

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



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

COLUMNA SISMICA
SAN ANTONIO

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 6c

C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES (SEV)

1. SEV (San Antonio; SEVs: 1A, 1B y 1C)
2. SEV (San Francisco SEV 2)
3. SEV (San Francisco SEV 3)
4. SEV (Aeropuerto SEV 4)
5. SEV (El Siglo SEV 5)
6. SEV (Los Angeles SEV 6)

**D. RESULTADO DEL ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE
MECANICA DE SUELOS**

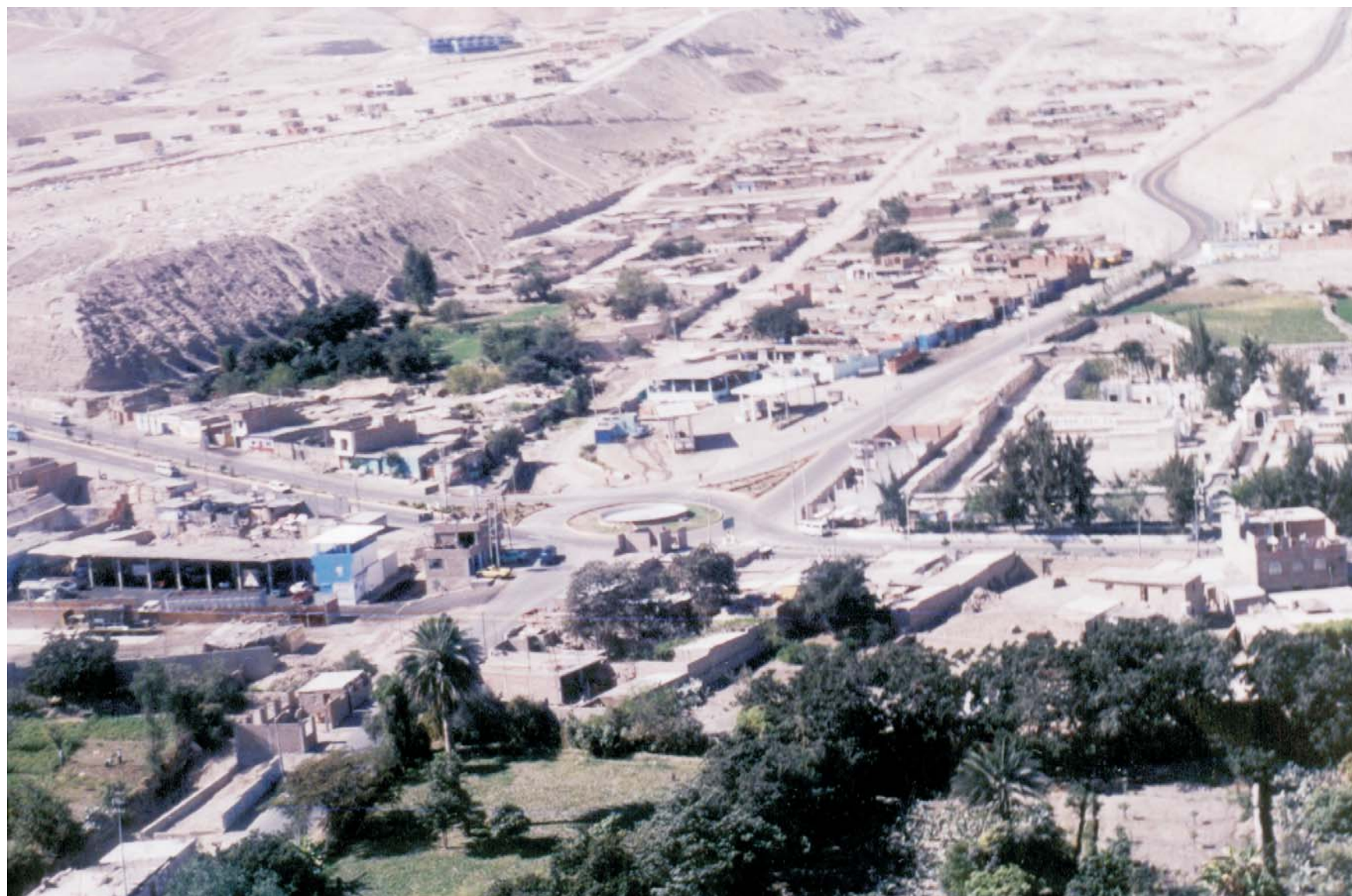


Foto N° 01: Vista panorámica de la quebrada “El Cementerio”, sector de alto riesgo por inundación.

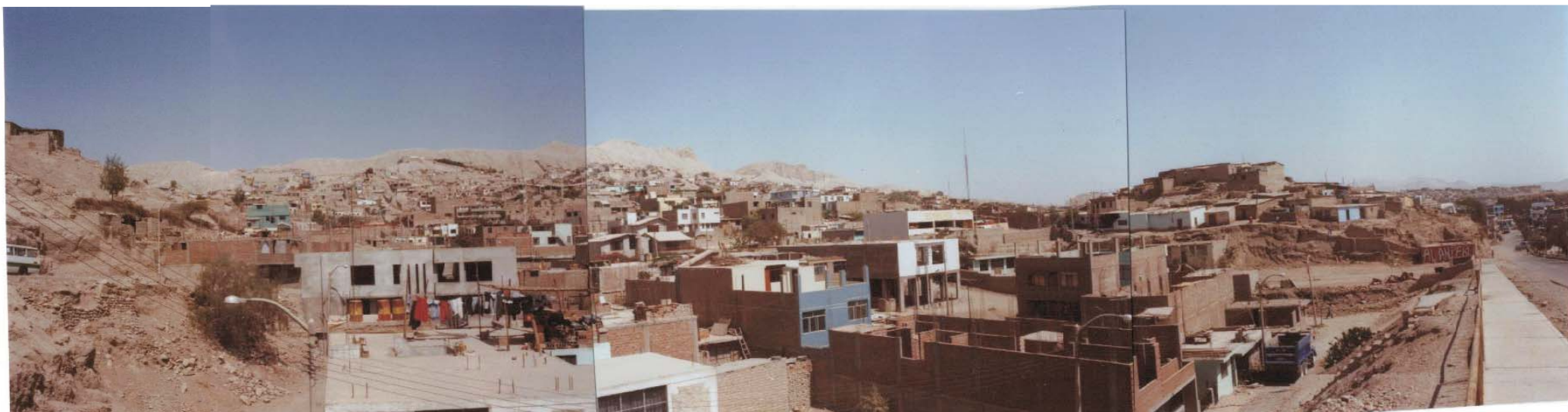


Foto N° 02: Vista de la curva del Gallito, AA. HH. Mariscal Nieto



Foto N° 03: Vista Panorámica de la ciudad de Moquegua de los años 50



Foto N° 04: Vista panorámica de la ciudad de Moquegua de los años 60

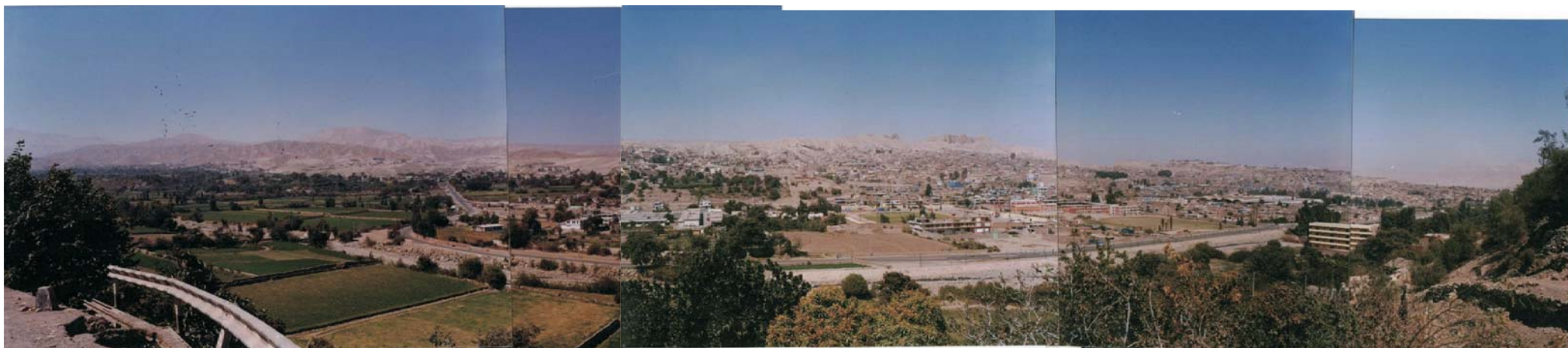


Foto N° 05: Vista panorámica de la ciudad de Moquegua tomada del mirador (próximo al aeropuerto), agosto del 2001

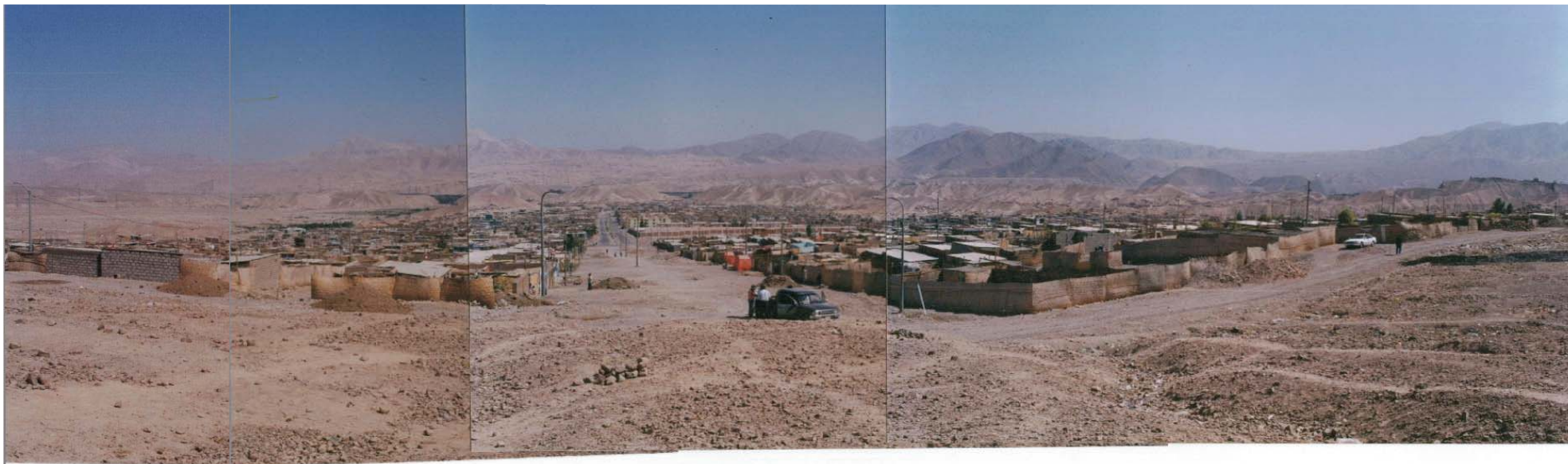


Foto N° 06: Vista panorámica del centro poblado menor de San Antonio (parte superior).



Foto N° 07: Vista del AA. HH. Chen Chen, se observa viviendas de esteras



Foto N° 08: Vista del AA. HH. Chen Chen, se observan los modulos de viviendas



Foto N° 09. Cerro San Francisco: Vista de viviendas construidas con adobe



Foto N° 10: Vista parcial del Centro Educativo Inicial San Antonio colapsado (deficiencias en el proceso constructivo)



Foto N° 11: Vista del Centro Educativo Inicial San Antonio colapsado (deficiencias en el proceso constructivo)



Foto N° 12. Vivienda casi totalmente destruida.

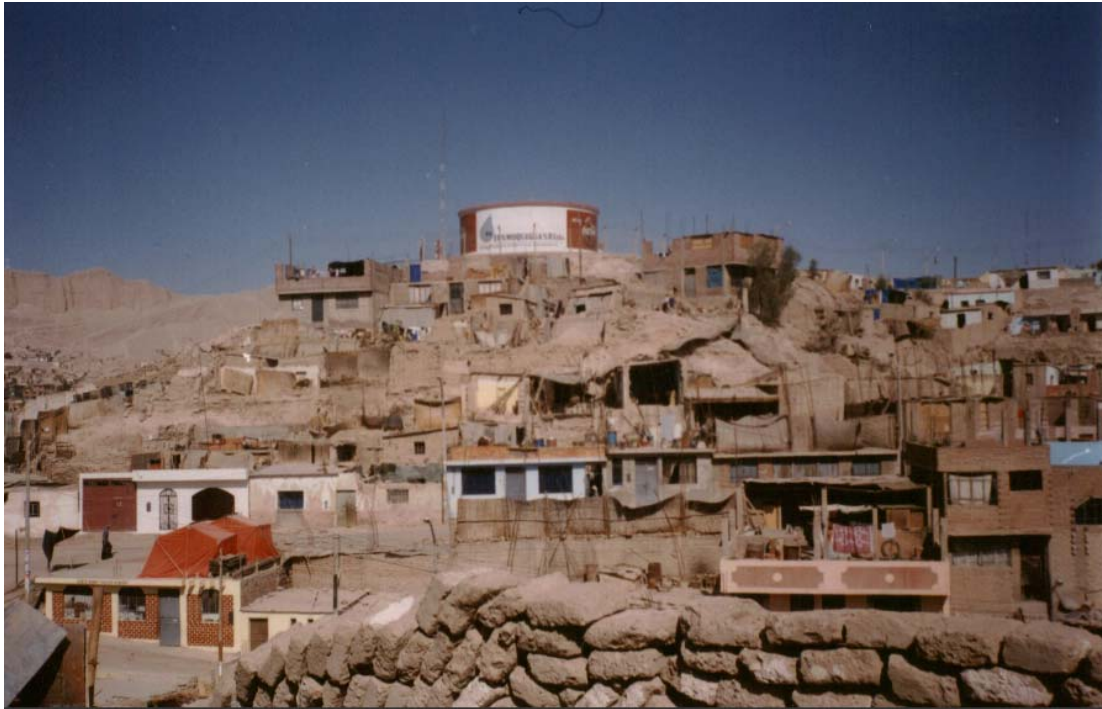


Foto N° 13. Cerro San Francisco: Vista parcial daños en viviendas, al fondo reservorio de agua potable dañado parcialmente.



Foto N° 14. Cerro San Francisco: Vista parcial de talud.



Foto N° 15. Cerro San Francisco: Deslizamiento de talud por pérdida de fricción en suelos.



Foto N° 16. Cerro San Francisco: Vista parcial daños en viviendas.

MUESTRA	UBICACIÓN	Humedad (%)	γ min.(g/cm ³)	γ máx.(g/cm ³)
M – 1	Ampliacion Lopez Albuja San Antonio	2,38	2,049	2,357
M – 2	Ampliacion Lopez Albuja San Antonio	2,53	2,09	2,318
M – 3	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	2,83	1,586	1,712
M – 4	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	1,19	1,267	1,628
M – 5	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	6,73	1,035	1,378
M – 6	Pampas de Chen – Chen	1,02	2,39	2,66
M – 7	Pampas de Chen – Chen	1,31	2,412	2,724
M – 8	Pampas de Chen - Chen (Canal)	1,38	2,381	2,683
M – 9	Pampas de Chen - Chen (Canal)	1,45	2,276	2,546
M – 10	Pampas de Chen – Chen	1,98	2,365	3,26
M – 11	Pampas de Chen – Chen	1,2	2,004	2,5
M – 12	Pampas de Chen - Chen	1,63	2,29	2,603
M – 13	San Antonio	1,02	2,393	2,67
M – 14	San Antonio	3,91	2,037	2,371
M – 15	San Antonio	3,54	2,216	2,395
M – 15A	San Antonio	3,68	2,189	2,323
M – 16	Urb.Los olivos	1,13	1,604	1,934
M – 17	Aeropuerto	2,65	1,995	2,323
M – 18	Calle Moquegua - Cercado	13,32	1,212	1,554
M – 19	Jiron Ayacucho - Cercado	3,08	2,329	2,633
M – 20	Los Angeles	7,94	2,107	2,483
M – 21	Los Angeles	8,12	1,436	1,779
M – 22	Los Angeles	6,43	1,554	1,851
M – 23	Los Angeles	3,8	2,265	2,789
M – 24	A. H. San Francisco	1,25	1,789	1,864
M – 25	A. H. San Francisco	2,85	1,82	1,96
M – 26	A. H. San Francisco	2,21	1,78	1,98
M – 27	A. H. San Francisco	2,36	1,787	1,96
M – 28	A. H. San Francisco	4,56	1,96	2,14
M – 29	A. H. San Francisco	3,21	2,16	2,465
M – 30	A. H. San Francisco	3,05	2,19	2,36
M - 31	A. H. El Siglo	1,23	1,764	2,01
M - 32	A. H. El Siglo	1,75	1,783	2,12
M - 33	A. H. El Siglo	1,42	1,675	1,98
M - 34	A. H. Mariscal Nieto	1,4	1,645	1,765
M - 35	A. H. Mariscal Nieto	1,6	1,726	1,823
M - 36	A. H. Mariscal Nieto	1,85	1,78	1965

MUESTRA	UBICACIÓN	Prof. (m)	ϕ'	qu (kg/cm²)
M - 1	Ampliacion Lopez Albuja San Antonio	2,4	32	2,3
M - 2	Ampliacion Lopez Albuja San Antonio	3,1	32	2,3
M - 3	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	1,05	28	1,8
M - 4	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	1,65	23	1,8
M - 5	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	3,0	26	2,4
M - 6	Pampas de Chen - Chen	0,6	32	1,8
M - 7	Pampas de Chen - Chen	2,6	32	2,7
M - 8	Pampas de Chen - Chen (Canal)	4,5		
M - 9	Pampas de Chen - Chen (Canal)	6,1		
M - 10	Pampas de Chen - Chen	0,6	33	1,9
M - 11	Pampas de Chen - Chen	1,2	35	2,2
M - 12	Pampas de Chen - Chen	0,8	35	1,9
M - 13	San Antonio	0,5		
M - 14	San Antonio	0,9		
M - 15	San Antonio	1,2	29	1,8
M - 15A	San Antonio	1,9	30	1,8
M - 16	Urb.Los olivos	7,2	36	3,5
M - 17	Aeropuerto	1,8	38,2	3
M - 18	Calle Moquegua - Cercado	0,2		
M - 19	Jiron Ayacucho - Cercado	1,5	36,2	1,6
M - 20	Los Angeles	0,6		
M - 21	Los Angeles	1,1	35	1,8
M - 22	Los Angeles	1,6	36	2,2
M - 23	Los Angeles	1,7	35	2,2
M - 24	A. H. San Francisco	1,7	32	1,9
M - 25	A. H. San Francisco	2,6	34,6	2,2
M - 26	A. H. San Francisco	1,8	30	2,2
M - 27	A. H. San Francisco	3,7	33,5	1,9
M - 28	A. H. San Francisco	2,1	29	1,8
M - 29	A. H. San Francisco	1,8	34	2,1
M - 30	A. H. San Francisco	2,7	35	2,2
M - 31	A. H. El Siglo	1,8	33	2
M - 32	A. H. El Siglo	1,2	32	2
M - 33	A. H. El Siglo	0,8		
M - 34	A. H. Mariscal Nieto	0,8		
M - 35	A. H. Mariscal Nieto	1,7	32	2
M - 36	A. H. Mariscal Nieto	2,3	32	2,2

MUESTRA	UBICACIÓN	S.U.C.S.	Gs
M - 1	Ampliación Lopez Albujar San Antonio	SP	2,76
M - 2	Ampliacion Lopez Albujar San Antonio	SP	2,71
M - 3	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	ML	2,62
M - 4	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	SC	2,55
M - 5	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	CL	2,76
M - 6	Pampas de Chen - Chen	SP - SM	2,55
M - 7	Pampas de Chen - Chen	SW - SM	2,60
M - 8	Pampas de Chen - Chen (Canal)	SP	2,61
M - 9	Pampas de Chen - Chen (Canal)	SM	2,68
M - 10	Pampas de Chen - Chen	SW	2,66
M - 11	Pampas de Chen - Chen	GC	2,58
M - 12	Pampas de Chen - Chen	SW	2,63
M - 13	San Antonio	SP	2,58
M - 14	San Antonio	CL	2,65
M - 15	San Antonio	SM	2,63
M - 15A	San Antonio	SM	2,63
M - 16	Urb.Los olivos	GP	2,6
M - 17	Aeropuerto	SM	2,53
M - 18	Calle Moquegua - Cercado	CL	2,6
M - 19	Jiron Ayacucho - Cercado	SP	2,66
M - 20	Los Angeles	SP	2,6
M - 21	Los Angeles	GW	2,6
M - 22	Los Angeles	GP - GM	2,68
M - 23	Los Angeles	SW	2,65
M - 24	A. H. San Francisco	SP	2,62
M - 25	A. H. San Francisco	SW	2,61
M - 26	A. H. San Francisco	SM	2,6
M - 27	A. H. San Francisco	SP	2,6
M - 28	A. H. San Francisco	SM	2,62
M - 29	A. H. San Francisco	GW	2,65
M - 30	A. H. San Francisco	GM	2,65
M - 31	A. H. El Siglo	SW	2,63
M - 32	A. H. El Siglo	SP	2,62
M - 33	A. H. El Siglo	SM	2,62
M - 34	A. H. Mariscal Nieto	SP	2,62
M - 35	A. H. Mariscal Nieto	SP	2,62
M - 36	A. H. Mariscal Nieto	SM	2,6

MUESTRA	UBICACIÓN	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
M - 1	Ampliacion Lopez Albujar San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 2	Ampliacion Lopez Albujar San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 3	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 4	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 5	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	46,06	23,21	22,85
M - 6	Pampas de Chen - Chen	N.P.	N.P.	N.P.
M - 7	Pampas de Chen - Chen	N.P.	N.P.	N.P.
M - 8	Pampas de Chen - Chen (Canal)	N.P.	N.P.	N.P.
M - 9	Pampas de Chen - Chen (Canal)	N.P.	N.P.	N.P.
M - 10	Pampas de Chen - Chen	N.P.	N.P.	N.P.
M - 11	Pampas de Chen - Chen	N.P.	N.P.	N.P.
M - 12	Pampas de Chen - Chen	N.P.	N.P.	N.P.
M - 13	San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 14	San Antonio	27,93	20,79	7,14
M - 15	San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 15A	San Antonio	N.P.	N.P.	N.P.
M - 16	Urb.Los olivos	N.P.	N.P.	N.P.
M - 17	Aeropuerto	N.P.	N.P.	N.P.
M - 18	Calle Moquegua - Cercado	33,2	20,02	13,18
M - 19	Jiron Ayacucho - Cercado	N.P.	N.P.	N.P.
M - 20	Los Angeles	N.P.	N.P.	N.P.
M - 21	Los Angeles	N.P.	N.P.	N.P.
M - 22	Los Angeles	N.P.	N.P.	N.P.
M - 23	Los Angeles	N.P.	N.P.	N.P.
M - 24	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 25	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 26	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 27	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 28	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 29	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 30	A. H. San Francisco	N.P.	N.P.	N.P.
M - 31	A. H. El Siglo	N.P.	N.P.	N.P.
M - 32	A. H. El Siglo	N.P.	N.P.	N.P.
M - 33	A. H. El Siglo	N.P.	N.P.	N.P.
M - 34	A. H. Mariscal Nieto	N.P.	N.P.	N.P.
M - 35	A. H. Mariscal Nieto	N.P.	N.P.	N.P.
M - 36	A. H. Mariscal Nieto	N.P.	N.P.	N.P.

E. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

MUESTRA	UBICACIÓN	CLORUROS (mg/kg)	SULFATOS (mg/kg)
M - 1	Ampliacion Lopez Albuja San Antonio	434,19	253,81
M - 2	Ampliacion Lopez Albuja San Antonio	5156,04	124,37
M - 3	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio		
M - 4	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio		
M - 5	Esq. Calle Nueva-Amparo Baluarte San Antonio	7068,35	167,36
M - 6	Pampas de Chen - Chen		
M - 7	Pampas de Chen - Chen	267,3	517,86
M - 8	Pampas de Chen - Chen (Canal)		
M - 9	Pampas de Chen - Chen (Canal)	89,1	1944,44
M - 10	Pampas de Chen - Chen		
M - 11	Pampas de Chen - Chen	78,04	145,99
M - 12	Pampas de Chen - Chen		
M - 13	San Antonio		
M - 14	San Antonio		
M - 15	San Antonio	127,79	258,64
M - 15A	San Antonio	170,62	265,96
M - 16	Urb.Los olivos		
M - 17	Aeropuerto		
M - 18	Calle Moquegua - Cercado	339,43	67,46
M - 19	Jiron Ayacucho - Cercado	62,89	50
M - 20	Los Angeles		
M - 21	Los Angeles		
M - 22	Los Angeles		
M - 23	Los Angeles		
M - 24	A. H. San Francisco	36,1	71,25
M - 25	A. H. San Francisco		
M - 26	A. H. San Francisco	64,5	56,8
M - 27	A. H. San Francisco		
M - 28	A. H. San Francisco		
M - 29	A. H. San Francisco		
M - 30	A. H. San Francisco		
M - 31	A. H. El Siglo		
M - 32	A. H. El Siglo		
M - 33	A. H. El Siglo		
M - 34	A. H. Mariscal Nieto		
M - 35	A. H. Mariscal Nieto		
M - 36	A. H. Mariscal Nieto		

F. RESULTADOS DE EXPANSION

Muestra	Densidad Seca (g/cm³)	Humedad Inicial (%)	Humedad Final (%)	Tiempo Maximo (hrs)	Expansión Libre (%)
SAN ANTONIO (POSTA MEDICA)	1,72	11,65	20,14	96	3,80
SAN ANTONIO (POSTA MEDICA)	1,83	12,85	24,47	96	2,70
SAN ANTONIO (JESUS DE NAZARENO)	1,94	11,55	22,59	96	2,30

**G. RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LA COMPOSICION
DE MINERALES
(MICROSCOPIA ELECTRONICA)**

MUESTRA 1: ARCILLAS (SAN ANTONIO-POSTA MEDICA)

ELEMENTO	Wt% (PESO)	At% (AREA)
CK	32.46	68.76
OK	2.79	4.44
Mg K	0.14	0.15
Al K	0.56	0.52
Si K	0.95	0.86
Cu K	63.09	25.26
TOTAL	100	100

MUESTRA 2: ARCILLAS (SAN ANTONIO-POSTA MEDICA)

ELEMENTO	Wt% (PESO)	At% (AREA)
CK	27.71	60.75
OK	6.55	10.77
Al K	0.70	0.69
Si K	1.06	1.00
Cl K	0.71	0.53
K K	0.09	0.06
Fe K	0.39	0.19
CuK	62.78	26.02
TOTAL	100	100

MUESTRA 3: ARCILLAS (SAN ANTONIO-JESUS DE NAZARENO)

ELEMENTO	Wt% (PESO)	At% (AREA)
OK	33.56	64.60
NaK	0.28	0.38
MgK	0.46	0.58
SK	18.34	17.61
KK	0.25	0.20
CaK	0.29	0.22
BaL	2.11	0.47
FeK	1.14	0.63
SrK	43.58	15.32
TOTAL	100	100

H. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: AMPLIACION LOPEZ ALBUJAR SAN ANTONIO
FECHA: 02/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	GP	0,00	<p><i>Conglomerado de Arena Gravosa conformada por gravas subangulosas y cantos rodados con diámetros comprendidos entre 3" a 3/8" en 40% conforman estratos casi horizontales provenientes de aluvionales por depositación, color marrón, altamente compactos.</i></p>
M-1	align="center">SP	1,60	
		2,40	<p><i>Arena fina a media, altamente compacta de color marrón claro, poco húmeda, presenta una cementación por efectos de la presencia de sales solubles</i></p>
M-2	align="center">SM	2,90	<p><i>Arena limosa media a fina de color rojiza, altamente compacta, presentando nodulos o lentes horizontales de arcilla medianamente plástica.</i></p>
		3,10	
		4,00	

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: ESQUINA CALLE NUEVA - AMPARO BALUARTE SAN ANTONIO
FECHA: 02/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
M - 3	ML	0,00	<i>Arena media a fina limosa de color marrón, presenta foliaciones horizontales altamente compacta, poco húmeda.</i>
		1,05	
M - 4	SC	1,20	<i>Limo arenoso de color marrón a beige claro, sólidamente compacto con presencia evidente de sales solubles.</i>
		1,65	
M - 5	CL	1,90	<i>Arcilla de color marrón altamente compacta conformando estratificación foliar de forma horizontal.</i>
		3,00	
		3,20	

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: PAMPAS DE CHEN CHEN
FECHA: 03/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	GP	0,00	Grava areno limosa, de color marrón bastante suelta, seca, está compuesta por bloques de diámetro mayor a 4" de formas subredondeadas y angulosas. aproximadamente 10 %.
M - 6	align="center">SP-SM	0,20	Grava arenosa de color rosáceo estado suelto, grava angulosa envuelta en una matriz areno limosa poco compacta, algo deleznable.
		0,80	
	SP	1,50	Grava arenosa de color gris claro medianamente compacta, gravas angulosas, arena media a fina.
		1,80	

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: PAMPAS DE CHEN - CHEN, JUNTO AL CANAL
FECHA: 03/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	GP	0,00	Grava areno limosa, de color marron medianamente densa, seca, gravas angulosas con diametros variados, tamaño maximo 4", diametros comprendidos entre 4" a 2" aproximadamente 10 %.
M - 7	align="center">SW-	0,20	Grava arenosa de color beige, medianamente compacta, guijarros de formas subredondeadas, con diámetro máximo de 60 cm., diámetros comprendidos entre 10" a 2" aproximadamente 15%, matriz arenosa medianamente compacta poco cementada.
		2,60	
M - 8	align="center">GP	4,50	Grava arenosa bien compacta con presencia de gravas angulosas bien compactas cementadas por la presencia de sales solubles.
		4,80	
		7,00	

The diagram shows a stratigraphic column with a vertical axis representing depth in meters. The column is divided into layers corresponding to the data in the table. A break symbol (a zigzag line) is present between the 4.80m and 7.00m marks, indicating a gap in the data or a change in scale. The layers are represented by a checkerboard pattern of green and brown squares.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: SAN ANTONIO
FECHA: 03/08/2001

MUESTRA	SÍMBOLO	PROF.	DESCRIPCIÓN
M - 13	SP	0,00 0,50	<i>Arena gravosa de color gris poco compacta seca gravas angulosas, matriz arenosa de color gris a beige, presencia de sales solubles.</i>
M - 14	CL	0,70 1,20	<i>Arena limo - arcillosa de color marron bien compacta poco húmeda, presenta arcilla en forma lenticular horizontal con espesor medio de 0.05 m.</i>
		1,60	

The diagram shows a vertical stratigraphic column. The depth scale on the left is marked at 0,00, 0,50, 0,70, 1,20, and 1,60. The column is divided into three main sections: a top section (0,00 to 0,50) with a brown and white checkered pattern, a middle section (0,50 to 1,20) with a green and white checkered pattern, and a bottom section (1,20 to 1,60) with a solid green pattern. A break symbol (a zigzag line) is located between the 1,20 and 1,60 marks, indicating a change in scale or a break in the column. The sample symbols 'SP' and 'CL' are placed in circles within their respective layers.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: CERCADO, CALLE MOQUEGUA
FECHA: 04/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
M - 18	CL	0,00 0,90	Material areno arcilloso de color marron a rojizo, bien compacto húmedo, poco plástico presenta alternacias de estratos con areniscas y arenas medias de la misma coloración.
		1,50	

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: Jr. AYACUCHO
FECHA: 04/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	GP	0,00	Relleno areno limoso poco compacto, color beige húmedo presencia aislada con presencia de gravas angulosas en una proporción aproximada de 10 %.
M - 19	SP	2,40 3,20	Grava arenosa de color beige, medianamente compacta, guijarros de formas subredondeadas, con diámetro máximo de 60 cm, diámetros comprendidos entre 10" a 2" aproximadamente 15%, matriz arenosa medianamente compacta poco cementada.
		4,10	

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: AEROPUERTO - MOQUEGUA
FECHA: 04/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	GP	0,00	<p><i>Grava arenosa de color beige, medianamente compacta, guijarros de formas subredondeadas, con diámetro máximo de 60 cm, diámetros comprendidos entre 10" a 2" aproximadamente 15%, matriz arenosa medianamente compacta poco cementada.</i></p>
M - 17	align="center"> SM	3,50	
		3,90	
		4,20	

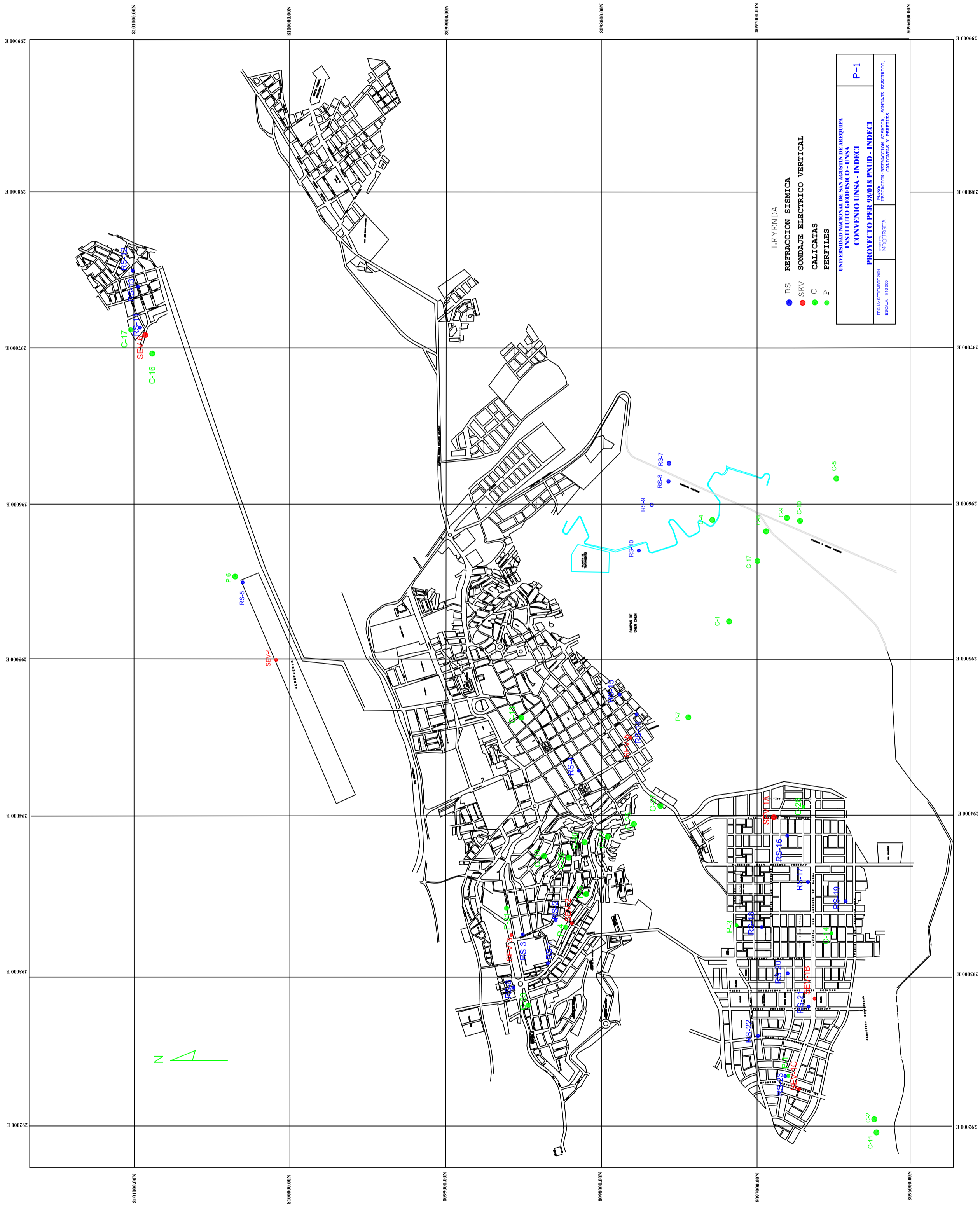
COLUMNA ESTRATIGRAFICA

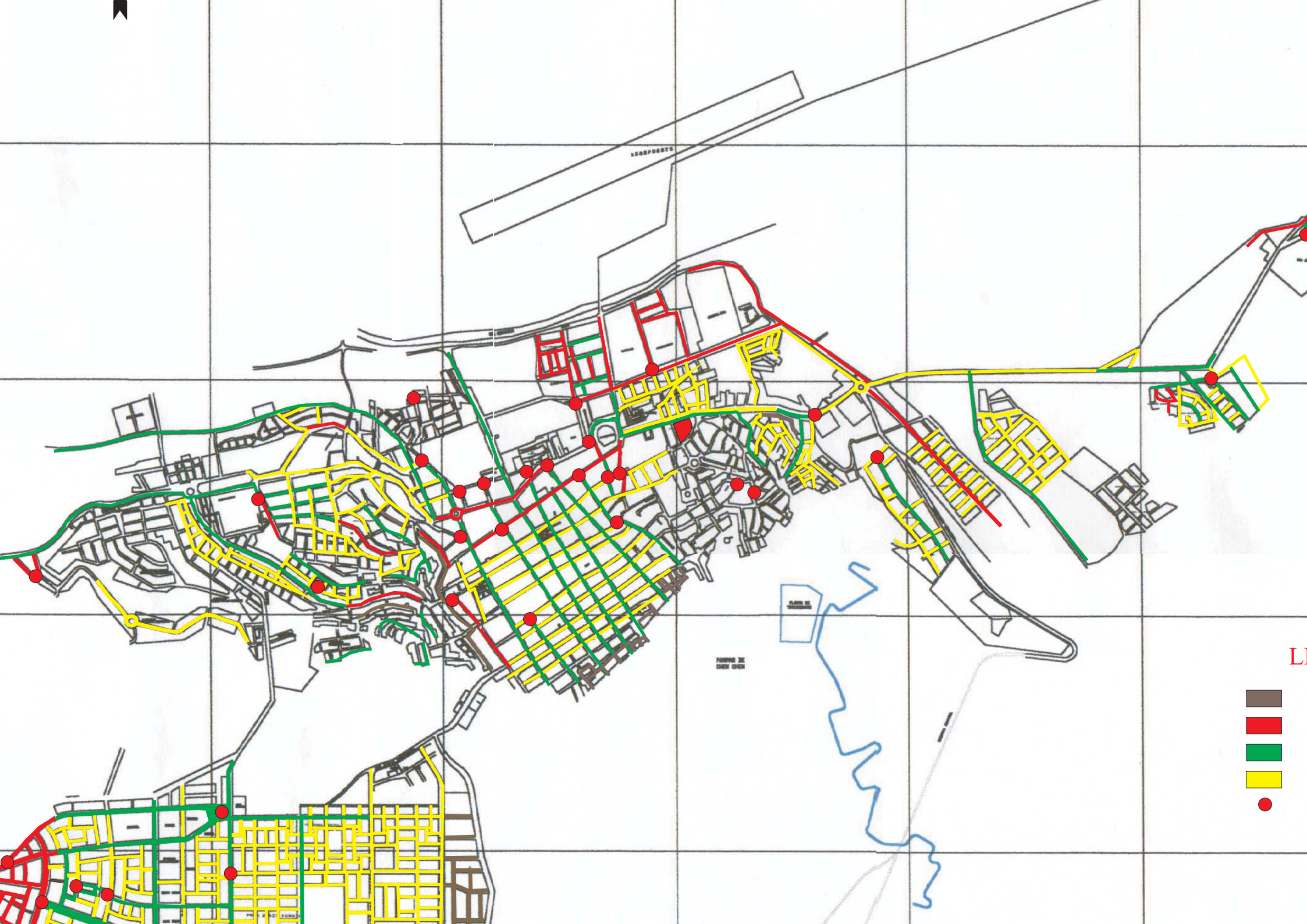
LOCALIDAD: MOQUEGUA
UBICACIÓN: LOS ANGELES
FECHA: 04/08/2001

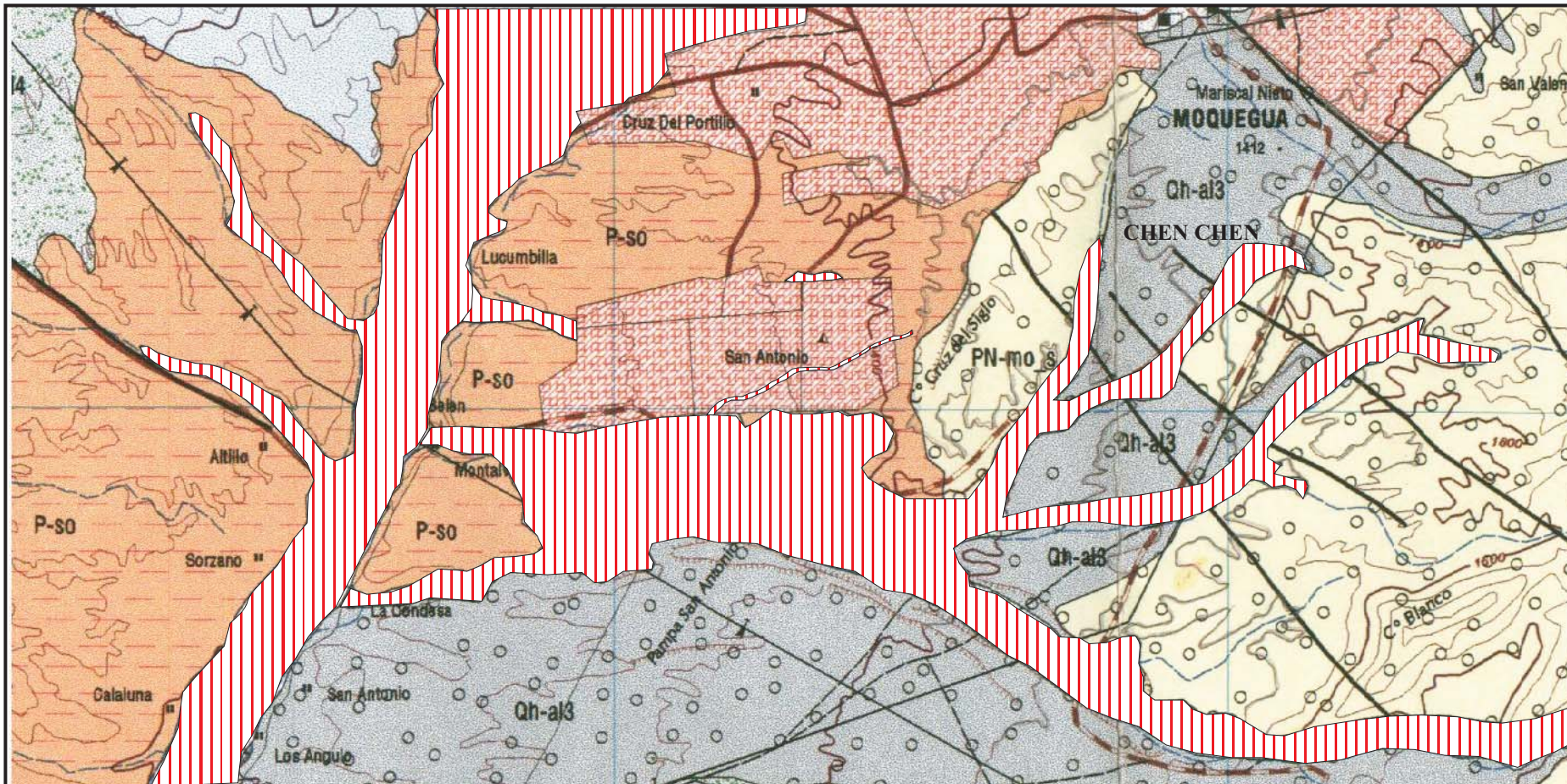
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
M - 20	SP	0,00 0,60	Arena limosa, de color rosáceo, poco compacta grava angulosa presencia de material diámetros menores comprendidos entre 3" y 1/2" aprox. 20%
M - 21	GP	0,70 1,10	Grava arenosa de color beige, medianamente compacta, guijarros de formas subredondeadas, con diámetro máximo de 60 cm, diámetros comprendidos entre 10" a 2" aproximadamente 15%, matriz arenosa medianamente compacta poco cementada.
M - 22	GP - GM	1,40 1,60	Arena limosa media a fina de color rojiza, altamente compacta, presentando alternancia con gravas envueltas en matriz areno limosa
		2,10	

I. LISTADO DE PLANOS

1. Plano de Ubicación (Refracción Sísmica, Sondajes Eléctricos y Calicatas)
2. Plano de Inundaciones
3. Plano de Activación de Quebradas
4. Plano Geotécnico
5. Mapa de Peligro por Suelos y por Pendientes
6. Mapa de Peligro del AA.HH. San Francisco







Zona de posible inundación por activación de quebradas

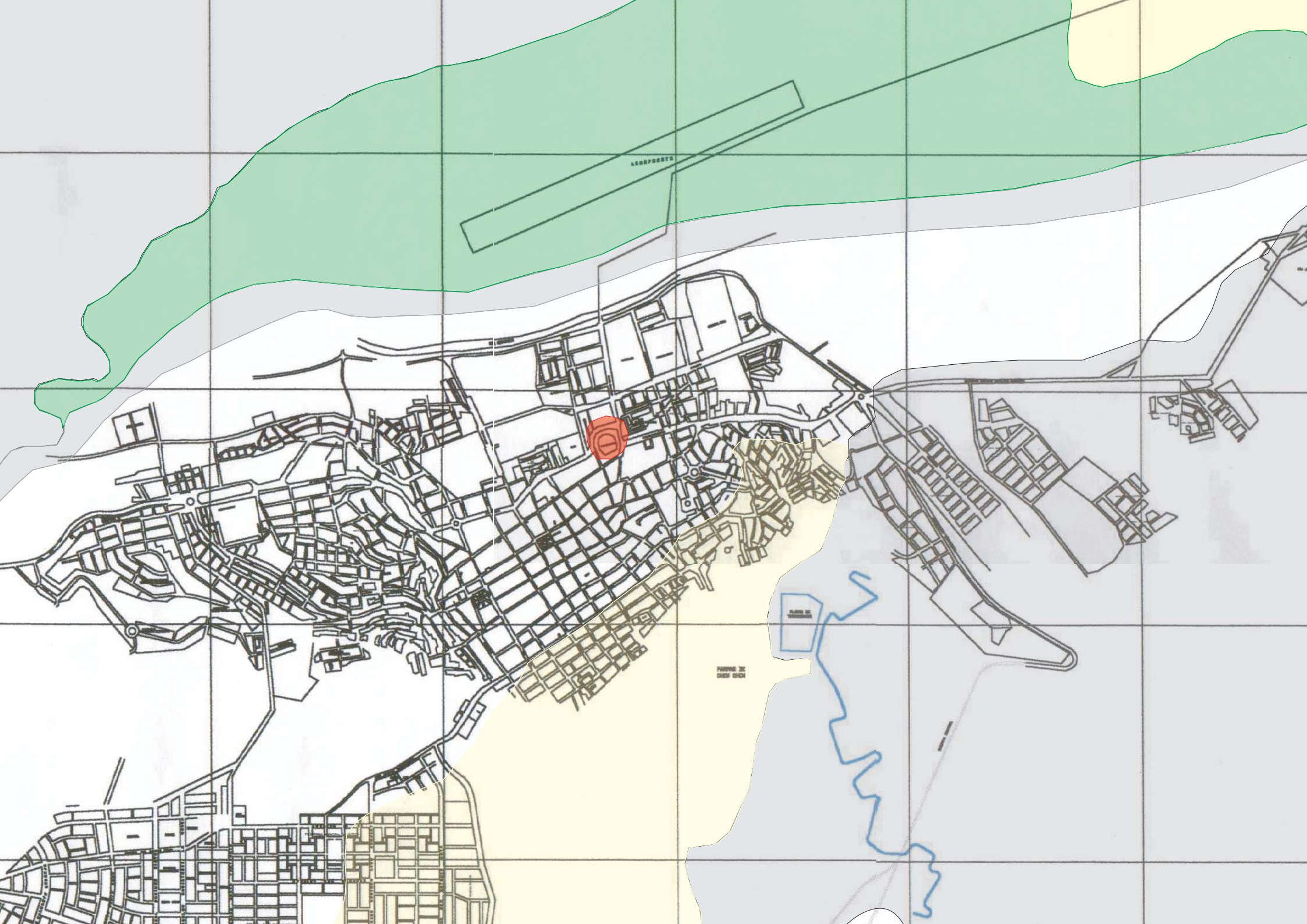


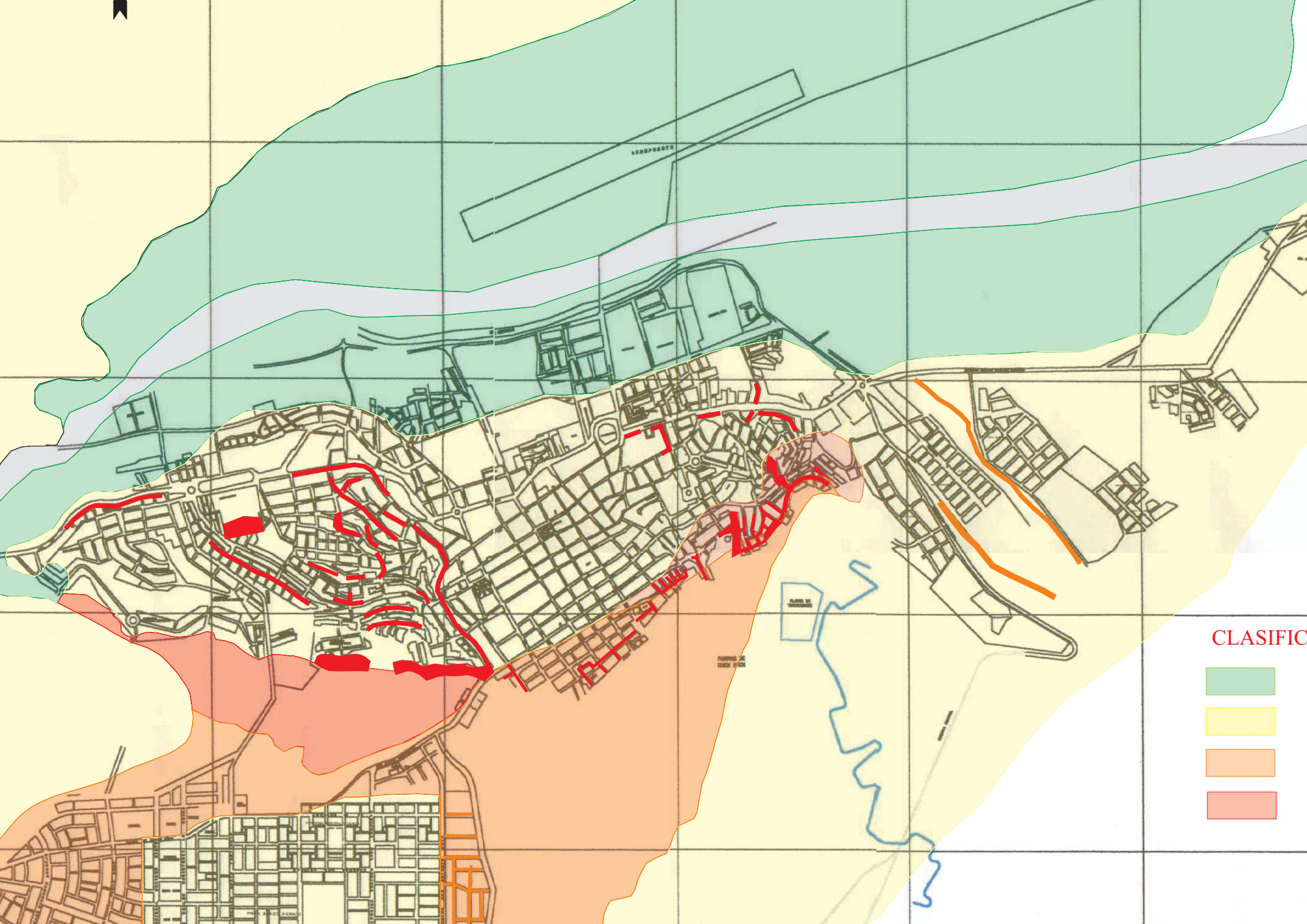
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI
 PROYECTO PER 98/018 PNUD - INDECI

MAPA DE PELIGROS POR ACTIVACIÓN
 DE QUEBRADAS EN EL SECTOR DE
 SAN ANTONIO Y CHEN CHEN

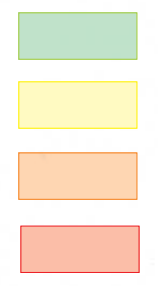
Fecha: setiembre, 2001

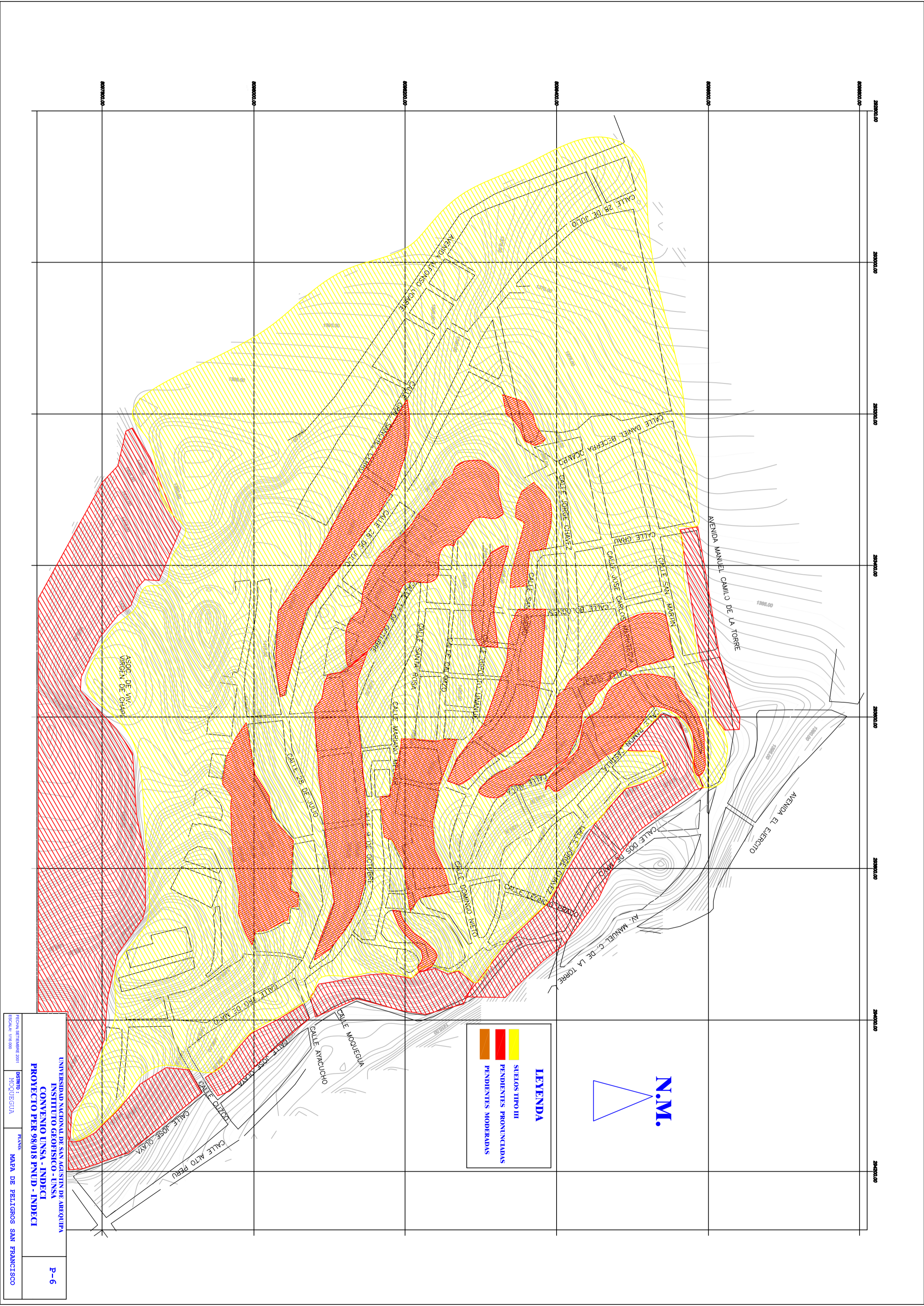
Plano N° 3





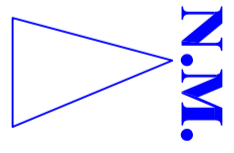
CLASIFIC





LEYENDA

- SITIOS TIPO III
- PENDIENTES PRONUNCIADOS
- PENDIENTES MODERADAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOMÁTICO - INSA
 PROYECTO PER 98018 FUD - INDECI

FECHA: SETIEMBRE 2007
 ESCALA: 1:10000

PROYECTO: MAPA DE PELIGROS SAN FRANCISCO

E-6