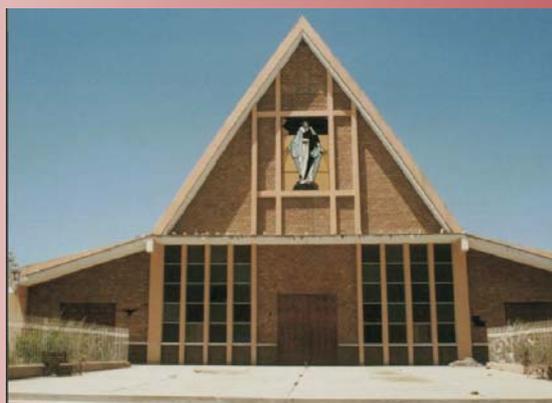




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

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



**EVALUACIÓN DE PELIGROS
DE CHUQUIBAMBA**

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 CHUQUIBAMBA**

AUTORES

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

COLABORADORES

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

Arequipa, setiembre 2001

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
Capítulo I	
1. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 METODOLOGIA	2
1.3.1 Trabajo bibliográfico	2
1.3.2 Trabajo de campo	2
1.3.3 Gabinete	2
1.3.4 Base cartográfica	2
Capítulo II	
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	
2.1 ÁREA GEOGRÁFICA	3
2.2 ACCESIBILIDAD	3
2.3 FORMACIONES ECOLÓGICAS Y ZONAS DE VIDA	3
2.4 INFORMACIÓN SOCIO – DEMOGRÁFICO	3
2.4.1 Características de la población	3
2.4.2 Características de las viviendas	3
2.5 INFRAESTRUCTURA AGRICOLA	7
2.5.1 Número de productores y superficie de las unidades agropecuarias	7
2.5.2 Condición jurídica del productor	8
2.5.3 Nivel educativo	9
2.5.4 Profesión u oficio	10
2.6 ASPECTOS HIDROLOGICOS	10
2.6.1 Recursos hídricos superficiales	10
Capítulo III	
3. GEOLOGIA DE CHUQUIBAMBA	
3.1 GEOMORFOLOGIA	11
3.1.1 Hidrografía	11
3.1.2 Clima y Vegetación	11
3.1.3 Unidades Geomorfológicas	13
3.2 ESTRATIGRAFIA	15
3.2.1 Complejo basal	15
3.2.2 Grupo Ongoro	15
3.2.3 Formación Socosani	17
3.2.4 Grupo Yura	17
3.2.5 Formación Murco	17
3.2.6 Formación Arcurquina	18
3.2.7 Formación Huanca	18
3.2.8 Formación Sotillo	19
3.2.9 Formación Caravelí	19
3.2.10 Formación Paracas	19
3.2.11 Grupo Tacaza	20
3.2.12 Formación Alfabamba	20
3.2.13 Formación Huaylillas	21

3.2.14 Formación Sencca	21
3.2.15 Grupo Barroso	21
3.2.16 Depósitos morrénicos	22
3.2.17 Depósitos glaciofluviales	22
3.2.18 Depósitos aluviales recientes	22
3.2.19 Grupo Andahua	23
3.3 ROCAS INTRUSIVAS	23
Capítulo IV	
4. GEODINAMICA INTERNA	
4.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA	24
4.1.1 Sismicidad	24
4.1.1.1 Sismicidad Histórica	24
4.1.1.2 Tectonismo de la Región Andina	33
4.1.1.3 Análisis de la Sismicidad	36
Capítulo V	
5. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS	
5.1 REFRACCION SISMICA	41
5.2 SONDEO ELECTRICO VERTICAL	43
5.2.1 Interpretación Geoeléctrica de Chuquibamba	43
5.3 ESTUDIO GEOTECNICO	45
5.3.1 Mecánica de Suelos	45
5.3.2 Tipos de suelos	46
5.3.2.1 Suelos tipo III	46
5.4 MAPA DE PELIGROS	47
5.4.1 Efectos por Sismos	47
5.4.2 Efectos por Inundación	47
5.5 EVALUACION DE DAÑOS DEL SISMO DEL 23 DE JUNIO	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	56
ANEXOS	58
A. LISTA DE PERFILES SISMICOS	
B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS	
C. LISTA DE COLUMNAS GEOELECTRICAS	
D. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO	
E. RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
F. RESULTADO DE ENSAYOS DE MAXIMA Y MINIMA	
G. RESULTADO DE ENSAYOS GRANULOMETRICO	
H. LISTADO DE PLANOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de ubicación de la Zona de Estudio	4
2. Mapa Topográfico de Caravelí	11
3. Mapa Geológico de Caravelí	15
4. Isosistas del Sismo del 15 de enero de 1958	29
5. Isosistas del Sismo del 13 de enero de 1960	31
6. Isosistas del Sismo del 16 de febrero de 1979	32
7. Isosistas del Terremoto del 23 de junio del 2001	34
8. Mapa epicentral, período 1964-1998	37
9. Mapa epicentral, Campañas Sísmicas: 1965, 1969, 1975-76 y 1985	38
10. Secciones Sísmicas	40

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Nro. de productores y superficie de las unidades agrop. que conducen.	7
2. N° de productores y superficie de Unid. Agrop. que conducen según prov.	8
3. Condición jurídica de los productores agropecuarios, según provincia	9
4. Nivel de educación alcanzado por los productores agropecuarios individuales	9
5. Profesión u oficio de los productores agropecuarios individuales, según prov.	10
6. Velocidades y espesores de Chuquibamba	41
7. Valores de resistividades y espesores de Chuquibamba	43
8. Resumen de evaluación de daños de Chuquibamba	53

RESUMEN

Bajo el Convenio INDECI – UNSA, se ha elaborado el Mapa de Peligros de la ciudad de Chuquibamba, con la finalidad de proyectar el Plan de Uso de Suelos y así implementar los programas de prevención y mitigación en el caso de la ocurrencia de fenómenos naturales.

A través de su historia Chuquibamba ha soportado los efectos devastadores de los terremotos como el de los años de 1821, 1868, 1913, 1939, 1958, 1960, 1979 y 2001. Uno de los factores que contribuye a la magnificación de los efectos es la precariedad de las viviendas, en el último sismo del 23 de junio se han registrado daños leves en algunas de las construcciones de material noble

La ciudad de Chuquibamba, se encuentra asentada sobre suelos coluvio-proluviales a aluviales, compuestos por una mezcla de gravas con bloques angulosos de naturaleza volcánica e intrusiva, con tamaños de más de 1.5 m., masivos, algo caótico, englobado en una matriz limo-arenosa, estos suelos son medianamente densos. En las cercanías afloran rocas de formación Huaylillas de origen volcánico y rocas intrusivas como matamórficas.

Si bien es cierto que el nivel de precipitación es relativamente alta en Chuquibamba, por la pendiente existente no representa mayor problema, salvo en algunos sectores donde por la topografía podría acumularse agua de las lluvias, esto podrá ser solucionado mediante un sistema de drenaje. Sin embargo se considera que la quebrada Huancucane tiene una peligrosidad que debe tomarse en cuenta.

Aún cuando el origen del circo donde se encuentra asentado Chuquibamba es de subsidencia y de deslizamientos, podemos precisar que en la actualidad existe estabilidad de sus taludes. Con relación a la ciudad, el sector SE representa una peligrosidad moderada por pendientes y que coincide con los daños en las viviendas en dicho sector por el sismo del 23 de junio.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El presente estudio tiene como objetivo contribuir a la identificación y conocimiento de los fenómenos que pueden afectar la seguridad de la ciudad de Chuquibamba. Particularmente orientado a la geodinámica externa como las inundaciones y a la geodinámica interna como la estabilidad de los suelos y amplificación de las ondas sísmicas.

Chuquibamba como otras ciudades del Sur del Perú a través de los tiempos a soportado la ocurrencia de sismos destructores, con saldos dolorosos por las pérdidas de vidas humanas y materiales, un ejemplo cercano es éste último sismo del 23 de junio cuya intensidad máxima alcanzó entre los 7 á 8 grados en la Escala Modificada de Mercalli.

En el Departamento han ocurrido una serie de desastres naturales, provocando una fuerte incidencia 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 terremotos ocurridos y que afectaron a Chuquibamba son los de 1821, 1868, 1913, 1942, 1958, 1960 y 2001. Por consiguiente, los esfuerzos se centrarán en los efectos que podría ocasionar la ocurrencia de sismos y la activación de quebradas, para determinar con precisión los peligros que la amenazan y ponen en riesgo la seguridad física de las viviendas y la economía de la ciudad.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del mapa de peligros son:

- Identificación de la estratigrafía de la ciudad de Chuquibamba en base a los estudios geológicos, geofísicos y de suelos.
- Definir las características físicas y químicas de los suelos.
- Mejorar las características físicas de las viviendas que en la mayoría de los casos son de adobe y quincha, formulando nuevos sistemas constructivos con este material, que brinde mayor seguridad y resistencia a los efectos de sismos.
- Crear conciencia y responsabilidad en la colectividad frente a los riesgos a los cuales nuestra región esta expuesta; Para que esta se organice y tome las medidas necesarias para cautelar su seguridad física e integridad de sus bienes.
- Facilitar las operaciones de evacuación y rescate.

- Definir estrategias que permitan acelerar las actividades de rehabilitación y reconstrucción
- Identificar las zonas de mayor peligrosidad, que permitirá definir y cuantificar las principales medidas que deben ser adoptadas para reducir la vulnerabilidad de las viviendas y de los terrenos, que se encuentran expuestas a la amenaza de: sismos e inundaciones.

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

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

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
- Preparación del informe
- Presentación del estudio

1.3.4 Base cartográfica

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

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

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 AREA GEOGRAFICA

El área de estudio se encuentra ubicada en la Costa Sur del Perú (Fig. 1, foto 1,2,3 y 4) en la Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa. La ciudad está emplazada en un gran circo de subsidencia de antiguos deslizamientos, limitada por la quebrada Huancucane y el río Grande, sobre suelos coluviales – proluviales a aluviales.

2.2 ACCESIBILIDAD

La principal vía de acceso es un ramal de la carretera Panamericana Sur que parte de Las Pampas de Majes y pasa por las localidades de Corire y Aplao en el valle de Majes. Esta vía se encuentra asfaltada en su totalidad en el Valle de Majes, el desvío hacia Chuquibamba sólo por sectores está asfaltada.

2.3 FORMACIONES ECOLÓGICAS Y ZONAS DE VIDA

El relieve muestra características propias de zonas altas cordilleranas tipo sierra, considerando el clima la zona tiene vegetación casi nula. La vegetación se circunscribe a la actividad agrícola a lo largo del valle en lugares con agua constante, la actividad ganadera está orientada a la crianza de ganado vacuno.

2.4 INFORMACIÓN SOCIO - DEMOGRÁFICO

2.4.1 Características de la población

Según la Municipalidad Provincial en la ciudad de Chuquibamba hay 7000 habitantes, en el distrito de Iray de 1700 Hab., en Andaray 1650 Hab., en Yanaquihua 5 500 Hab., en Salamanca 1450 Hab., en Chichas 1750 Hab. y Río Grande 3860 Hab.

2.4.2 Características de las viviendas

Las viviendas en los poblados anexos a Chuquibamba en su mayoría son edificaciones de adobe, a raíz del sismo del 23 de junio gran número de ellos sufrieron daños de consideración. La ciudad de Chuquibamba, siendo un poblado muy antiguo ha soportado la ocurrencia de terremotos. Por consiguiente en la actualidad muchas edificaciones son de material noble, como en el caso anterior los daños fundamentalmente se han registrado en viviendas de adobes. Se ha logrado constatar que luego del sismo del 23 de junio se están reconstruyendo adecuadamente las viviendas.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI	
	MAPA DE UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	
Fecha: setiembre, 2001	Fig. N° 1	

2.5 INFRAESTRUCTURA AGRICOLA

2.5.1 Numero de productores y superficie de las unidades agropecuarias

El departamento de Arequipa cuenta con 45 424 productores agropecuarios, los cuales conducen igual número de unidades agropecuarias (UA) con una extensión total de 2 043 578,50 Has. El 98,1 % de estos productores poseen unidades con tierras y el 1,9 % no la poseen, dedicándose exclusivamente a la actividad pecuaria o avícola.

CUADRO N° 1
NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES
AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN REGION
NATURAL Y CONDICION DE LAS MISMAS

REGION NATURAL Y CONDICION DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS	PRODUCTORES		SUPERFICIE	
	N°	%	Has	%
TOTAL	45424	100.0	2043578.50	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	44571	98.1	2043578.50	100.0
TRABAJADAS	44316	97.6	2041092.50	99.9
ABANDONADAS	255	0.6	2486.00	0.1
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS */	853	1.9	-	-
COSTA	11342	100.0	86150.35	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	11143	98.2	86150.53	100.0
TRABAJADAS	11076	97.7	85976.48	99.8
ABANDONADAS	67	0.6	173.87	0.2
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS */	199	1.8	-	-
SIERRA	34082	100.0	1957428.15	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	33428	98.1	1957428.15	100.0
TRABAJADAS	33240	97.5	1955166.02	99.9
ABANDONADAS	188	0.6	2312.13	0.1
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS */	654	1.9	-	-

*/ Son unidades que no poseen tierras sólo conducen especies pecuarias.

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGR PECUARIO, 1994.

De las unidades agropecuarias con tierras, 44 316 se mantienen en operación y 255 en situación de abandono. En términos de superficie, esto significa que 99,9% (21092,50 Has.) de las tierras agropecuarias, están siendo trabajadas y 0,1 % (2 486,00 Has.) están en estado de abandono.

Según Región Natural

En la Costa de Arequipa 11 076 unidades agropecuarias (25,0 % de las unidades trabajadas en el departamento) están siendo trabajadas y 67 se encuentran en abandono.

La extensión de tierras trabajadas es de 85 976,48 Has. (4,2% de la superficie agropecuaria a nivel departamental).

En la Sierra, son 33 240 las UA trabajadas (75,0% de las UA que se trabajan en el departamento) que ocupan una extensión de 1 955 166,02 Has. (95,8 % del área trabajada a nivel departamental).

CUADRO N° 2
NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES
AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN PROVINCIA Y TAMAÑO DE LA
UNIDAD AGROPECUARIA

PROVINCIA Y TAMAÑO DE LAS UA (Has.)	PRODUCTORES */		SUPERFICIE	
	Nº	%	Has	%
TOTAL	44316	100.0	2041092.50	100.0
MENOS DE 3.0	27576	62.3	29829.42	1.5
DE 3.0 A 9.9	11098	25.0	58008.04	2.8
DE 10.0 A 49.9	2764	6.2	49545.46	2.4
DE 50.0 Y MAS	2878	6.5	1903709.58	93.3
CONDESUYOS	2853	100.0	304663.88	100.0
MENOS DE 3.0	1910	67.0	2175.88	0.7
DE 3.0 A 9.9	505	17.7	2648.01	0.9
DE 10.0 A 49.9	209	7.3	3892.15	1.3
DE 50.0 Y MAS	229	8.0	295947.84	97.1

*/ Sólo considera a los productores con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

Nota: Se han establecido cuatro estratos de tamaño de las UA, minifundio (Unidades con menos de 3,0 Has.), pequeña agricultura (Unidades entre 3,0 a 3,9 Has.), mediana agricultura (Unidades entre 10,0 a 49,9 Has.) y gran agricultura (Unidades de 50 y m s Has.).

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

En la Costa y la Sierra de Arequipa la distribución de los productores y la superficie agropecuaria mantiene las relaciones que se presentan a nivel de departamento.

2.5.2 Condición jurídica del productor

La actividad agropecuaria en el departamento de Arequipa es realizada en su gran mayoría por personas naturales (96,1 %), siendo mínima (0,7 %), la participación de las personas jurídicas. Las personas naturales y las sociedades de hecho son en esencia personas naturales y, en conjunto, constituyen los productores individuales.

Este grupo conduce el 99,3 % de las unidades agropecuarias, pero sólo controla el 48,6 % de la superficie del total de las UA del departamento. En cambio, las personas jurídicas a pesar de ser en número menor (0,7 % del total de productores), manejan el 51,4 % de las tierras restantes

Con excepción de las provincias de Camaná, Caylloma e Islay, donde las personas naturales tienen la mayor parte de la superficie agropecuaria provincial; en las restantes, la mayor parte de la tierra esta concentrada en personas jurídicas y básicamente en comunidades campesinas: 15 comunidades campesinas poseen el 82,8 % de la superficie agropecuaria provincial en Arequipa, 8 comunidades en Caravelí poseen el 73,2 % de la superficie agropecuaria, 15 comunidades en Castilla poseen el 63,1 % de las tierras agropecuarias y 23 comunidades en la Unión poseen el 59,1 % de la superficie agropecuaria provincial.

**CUADRO N° 3
CONDICION JURIDICA DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS, SEGUN PROVINCIA**

PROVINCIA Y CONDICION JURIDICA	PRODUCTORES */		SUPERFICIE	
	N°	%	Has	%
TOTAL	44316	100.00	2041092.50	100.0
PERSONA NATURAL	42590	96.1	869410.73	42.6
SOCIEDAD DE HECHO	1433	3.2	122295.46	6.0
SOCIEDAD RESP. LTDA	27	0.1	437.61	(a)
SOCIEDAD ANONIMA	36	0.1	7835.40	0.4
COMUNIDAD CAMPESINA	91	0.2	1002510.79	49.1
COOPERATIVA	4	(a)	14272.72	0.7
OTRA	135	0.3	24329.79	1.2
CONDESUYOS	2853	100,0	304663,88	100,0
PERSONA NATURAL	2818	98,8	59191,23	19,4
SOCIEDAD DE HECHO	16	0,6	105,04	(a)
COMUNIDAD CAMPESINA	13	0,4	245319,58	80,6
OTRA	6	0,2	48,03	(a)

*/ Sólo considera a los productores con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

(a): Porcentaje no significativo

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.5.3 Nivel Educativo

El 52,5 % de los productores agropecuarios tienen nivel de educación primaria y el 25,1 % estudiaron secundaria, siendo muy bajo los porcentajes correspondientes a los que cursaron educación superior no universitaria (2,9 %) y superior universitaria (8,1%). De otro lado, es apreciable el porcentaje (10,3 %) de los que no tienen nivel alguno de educación formal.

**CUADRO N° 4
NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO POR LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA**

PROVINCIA Y NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO	PRODUCTORES */	
	N°	%
CONDESUYOS	2834	100,0
NINGUN NIVEL	494	17,4
PRIMARIA	1715	60,5
SECUNDARIA	450	15,9
SUPERIOR NO UNIVERSITARIA	48	1,7
SUPERIOR UNIVERSITARIA	78	2,8
NO ESPECIFICADO	49	1,7

*/ Sólo considera Personas Naturales y/o Sociedades de Hecho con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.5.4 Profesión u oficio

Los productores agropecuarios individuales de Arequipa tienen diferentes profesiones u oficios. El 83,9 % tienen oficios manuales, principalmente, son agricultores y ganaderos. Del resto cabe mencionar, a los técnicos de mando medio (2,4 %) y los que tienen formación profesional (5,7 %). En Condesuyos se tiene el 87,3 % correspondiente a oficios manuales, agricultores y ganaderos.

**CUADRO N° 5
PROFESION U OFICIO DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA**

PROVINCIA Y PROFESION U OFICIO	PRODUCTORES */	
	N°	%
CONDESUYOS	2834	100,0
PROFESIONALES	40	1,4
TECNICOS	29	1,0
OFICIOS	2474	87,3
COMERCIANTES	5	0,2
SIN PROFESION U OFICIOS	212	7,5
NO ESPECIFICADO	74	2,6

*/ Sólo considera Personas Naturales y/o Sociedades de Hecho con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.
FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.6 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

2.6.1 Recursos hídricos superficiales

El río Chuquibamba forma parte de afluentes de río Majes, tiene una dirección SE y están controlados por fallas de dirección NO. En su nacimiento, el valle de Chuquibamba está representado por el área de deslizamiento de pendientes suaves y en la parte inferior profundiza su cauce dando lugar a una topografía abrupta.

El drenaje predominantemente dendrítico, el modelado por acción fluvial nos indica que la mayor parte del área se encuentra en el estado juvenil con fuerte pendiente y valles encañonados.

Las aguas del río Chuquibamba provienen de los deshielos del Coropuna y de las filtraciones, el caudal es reducido en época de estiaje, sin embargo en el verano las copiosas lluvias originan un régimen torrencioso.

CAPITULO III

GEOLOGIA DE CHUQUIBAMBA

3.1. GEOMORFOLOGIA

En la región el relieve muestra características propias de zonas altas cordilleranas tipo sierra. El modelado tiene control estructural y litológico, donde los factores climatológicos e hidrográficos han jugado un papel importante, cuyas características actuales son:

3.1.1 Hidrografía

Los ríos que se encuentran en la región, pertenecen a la cuenca hidrográfica del Pacífico y tienen un régimen estacional. Los ríos Cotahuasi, Arma y Churunga drenan hacia el río Ocoña. Los ríos Grande de Chuquibamba y Jollpa drenan al río Majes (Fig. 2, [Mapa topográfico](#)).

El drenaje predominantemente es dendrítico, el mejor ejemplo es el río Arma también se puede observar drenaje paralelo al sur Oeste de Chuquibamba cuyo control es litológico; los afluentes del río Cotahuasi constituyen un drenaje transversal que sugiere un control estructural. En los alrededores de los principales conos volcánicos, el drenaje es radial centrífugo.

El modelado por acción fluvial nos indica que la mayor parte del área se encuentra en el estadio juvenil con fuerte pendiente y desarrollo de valles en V y valles encañonados.

3.1.2 Clima y Vegetación

En el área de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi, tanto el clima como la vegetación, varían con la altitud y su posición geográfica; se observan las regiones climatológicas separadas por los volcanes Coropuna y Solimana. Así se tiene que al sur de los citados Nevados, el clima es de tipo desértico, por ende la vegetación es casi nula; al otro lado de los nevados mencionados, en las zonas altas, el clima es semi-árido, frío y la vegetación mayormente es ichu, gramíneas y arbusto; aunque sobre los 4,000 m.s.n.m., es muy escasa y por arriba de los 5,000 m.s.n.m., normalmente está cubierto por nieve perpetua.

El clima está regido por los cambios estacionales, la estación lluviosa está comprendida entre los meses de Diciembre y Abril, la temperatura fluctúa entre 0°V y 10°C y en los valles la temperatura es mayor a 10°C, pero entre Junio y Agosto como consecuencia de la estación invernal la temperatura es inferior a 0°C.

La actividad humana tiene mayor desarrollo en los valles hasta una altitud de 3,800 m.s.n.m., en donde los pobladores se dedican principalmente a la agricultura y la ganadería. Se dedican al cultivo de cereales (cebada, trigo, maíz, papas); pero entre

los 2,300 y 3,800 m.s.n.m., sólo se cultivan cereales. La actividad ganadera está orientada a la crianza de ganado vacuno incentivando la producción de leche que es utilizada para la fabricación de leche evaporada y la fabricación de ganado ovino.

3.1.3 Unidades Geomorfológicas

Las geofomas del área son suaves a moderadas en su mayor parte y agreste en los valles.

El modelado es el resultado de la influencia decisiva de los procesos volcánicos sucedidos casi durante todo el Terciario y en los procesos tectónicos que han ocasionado el alzamiento y hundimiento de bloques. La denudación fluvial probablemente Pre-Barroso, así como la actividad volcánica del cuaternario han controlado la morfología actual, esto ha permitido diferenciar seis unidades geomorfológicas que son: Casquete de Nieves Perpetuas, conos volcánicos, Altiplanicie, Superficie Huaylillas, Laderas disectadas y Valles.

* **Casquetes de Nieves Perpetuas.**-En el área se nota claramente 3 zonas con nieves perpetuas que corresponden a los Volcanes-Nevados Firura, Solimana y Coropuna, con altitudes de 5,498, 6,093 y 6,377 m.s.n.m. respectivamente, siendo este último, el que ocupa mayor extensión.

En los últimos años, se ha evidenciado retroceso glacial en distintas y apartadas áreas del planeta, la presencia de estos glaciares es relativa y está sujeta a condiciones climatológicas. En esta zona, los glaciares se encuentran por encima de los 5,000 m.s.n.m. El control principal de la existencia de los casquetes de nieves es la altitud.

* **Conos Volcánicos.**- En las partes más altas entre Chuquibamba y Cotahuasi se tiene tres conos volcánicos formando un triángulo; regionalmente presentan dirección andina que gira hacia el Este-Oeste por lo que Mendivil (1965), la denominó Arco Volcánico del Barroso. Estos conos volcánicos han jugado un papel importante en el desarrollo geomorfológico de la zona, litológicamente consta de rocas volcánicas.

Las formas cónicas fueron modificadas por glaciares que descendieron de los casquetes glaciares en forma radial, la morfología es agreste y empinada en la parte central y radialmente disminuye la pendiente.

* **Altiplanicie.**- Las elevaciones varían entre 4,000 y 4,900 m.s.n.m. la topografía es moderado, localmente se tienen escarpas controladas por fallas. También existen pequeños conos volcánicos, así como morrenas y abundantes bofedales; esta unidad geomorfológica se caracteriza por una planicie bien definida y algunos valles glaciares de extensión local.

* **Superficie Huaylillas.**- Esta unidad geomorfológica es de amplitud regional y es reconocida en los cuadrángulos de Chala (Olchauski, 1980), y de Ocoña (Mendivil y Castillo 1960), quienes la denominan Meseta Costanera y que es la continuación hacia el Norte de la unidad llamada Penillanura Costanera en los cuadrángulo de Camaná y la Yesera (Pecho V. Y Morales G., 1969). En Aplao, Guizado (1968) la describe como Planicie Costanera que ingresa al Sur del cuadrángulo de Chuquibamba.

En Chala las altitudes varían entre 1,700 a 2,000 m.s.n.m.; en Ocoña, entre 1,200 y 2,400; en Chuquibamba, siguiendo la prolongación del cuadrángulo de La Yesera, la altura de la superficie Huaylillas va desde los 2,600 hasta los 3,800 m.s.n.m. y constituye una prolongación de las pampas de Cuno Cuno.

La superficie es subhorizontal con inclinación sur occidental y de aspecto cónico que tiende a desaparecer por la formación del valle de Ocoña. Esta disectada por quebradas con dirección E-O, a diferencia de la parte Oriental donde las quebradas tienen dirección N-S. Numerosas pampas forman esta unidad, entre ellas tenemos Pampa Azafrán, Pampa los Morillos, etc.

* **Laderas disectadas.**- Esta unidad está constituida por cadenas de cerros que se alinean con una dirección NO-SE y en ella se hallan comprendidas los valles amplios de Chuquibamba y Pampacolca, que se han desarrollado en fallas regionales. Estas laderas presentan drenajes subparalelos, que al disectar la peneplanicie costanera, dan lugar a valles amplios como los ya mencionados presentando una topografía de quebradas y elevaciones semiparalelas que fueron modeladas por las diferentes etapas de erosión sobre rocas intrusivas Cretácico-Terciarias y rocas Precambrianas. Al Oeste de la hoja de Chuquibamba, se caracteriza por presentar drenaje dendrítico, resultante de las quebradas menores que confluyen en el río Ocoña. Se denota una topografía moderada que es disectada por quebradas de magnitud considerable como la quebrada Chalhuane y por el valle del río Churunga que sigue una dirección NE-SO.

* **Valles.**- Hemos considerado tres tipos de valles principales: a) Valles de los ríos Cotahuasi y Arma, b) Valle del río Churunga y quebradas aledañas y c) Valles de los ríos Chuquibamba, Pampacolca y Viraco.

El primer tipo forma parte de la naciente del río Ocoña, cortan las altiplanicies andinas y tienen dirección E-O a NE-SO.

El valle de Cotahuasi tiene su origen en valles colgantes antiguos en forma de "U", con rectos volcánicos pleistocénicos y que luego fueron cortados por la erosión posterior; esto se puede ver al este de Firura y en el río Sumana.

Estos valles muestran una serie de pequeñas terrazas que están distintamente distribuidas y están en función de las irregularidades del curso del río y las condiciones geológicas. El valle de Cotahuasi a lo largo de su extensión, presenta cambios siendo estrecho en su cauce desde la desembocadura al río Ocoña, yendo aguas arriba hasta las proximidades del pueblo de Cotahuasi, se nota un valle en "V" y a partir de esta zona hasta la localidad de Alca, se observa al valle con presencia de terrazas fluviales, donde pobladores del lugar desarrollan sus labores agrícolas. El valle del río Larjo, cuya dirección es de N a S., se presenta encañonado siendo sus pendientes empinadas sin depósitos fluviales de consideración.

El segundo tipo son los valles del río Churunga y quebradas aledañas que drenan hacia el Oeste y son afluentes del río Ocoña, se caracterizan por su escasa pendiente del talweg y su clima desértico. Se determina un control principal estructural ya que

muestran cambios de dirección de NE a E-O, debido a que a partir al cambio de dirección siguen fallas y/o fracturas de dirección similar.

El tercer tipo son los valles de los ríos Chuquibamba y Pampacolca-Viraco forman parte de afluentes del río Majes, tienen dirección SE y están controlados por fallas de dirección NO. En su nacimiento, el valle de Chuquibamba está representando por el área de deslizamiento de pendientes suaves y en la parte inferior profundiza su cauce dando lugar a una topografía abrupta.

3.2 ESTRATIGRAFIA

En la región las unidades estratigráficas reconocidas abarcan edades desde el Precámbrico al cuaternario reciente (Fig. 3, Mapa geológico); sus características se describen a continuación:

3.2.1 Complejo basal.- Bellido (1960), denominó Complejo Basal a las rocas metamórficas que afloran en gran parte de la Cadena Costanera del Sur del Perú. Por tratarse de la misma serie metamórfica, esta denominación ha seguido tomándose en cuenta en el cuadrángulo de Aplao, Guizado (1968); en Huambo y Orcopampa (J. Caldas 1993), los afloramientos de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi son una continuación de las rocas descritas en el cuadrángulo de Huambo.

El Complejo Basal está constituido por una gruesa secuencia de rocas metamórficas en la que destacan, los gneises, anfibolitas y metasedimentos. En muchos lugares se han separado los gneises de los metasedimentos; pero no se observa un contacto bien marcado en otros es difícil una separación.

* **Gneises.-** En la parte Oriental de Chuquibamba hasta la localidad de Pampacolca, los gneises están cubiertos por las tobas de la Formación Huaylillas, siendo su coloración superficial de color gris oscuro. Existe un ligero predominio de bandas grises constituidas por anfíboles, sobre bandas blancas que son más delgadas y que están formadas por ortosas y plagioclasas.

La mayor parte de los gneises presentan estructuras lenticulares. Estas rocas y bandas irregulares han sido cortadas por numerosos diques y pequeñas intrusiones compuestas por tonalita, granodiorita, granito y pegmatitas. Antes de llegar a Huaranguitoyoc, el complejo está cortado de tonalita de color claro y de grano medio.

Las rocas metamórficas que corren en los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi, se correlacionan con las otras rocas que constituyen el Complejo Basal de la Costa, el Macizo de Arequipa, el Complejo de Lomas, etc. Y los remanentes que han quedado como techos colgantes dentro del batolito (Olchanski, 1980).

3.2.2 Grupo Ongoro

Con este nombre se describe a una secuencia compuesta por rocas de metamorfismo regional de bajo grado que afloran al SE. del cuadrángulo de Chuquibamba, en los cerros de Ongoro, descansando con discordancia angular sobre los metasedimentos del Complejo Basal, y que han sido afectados por un plegamiento de dirección andina y con flancos cuyas inclinaciones varían entre 30 y 60- grados. Las mayores exposiciones de esta unidad, se encuentran en el cuadrángulo de Huambo. Por

meteorización adopta una tonalidad amarilla y se diferencia de los metasedimentos y gneises precámbricos porque estos son grises oscuros.

Litológicamente, el Grupo Ongoro está constituido por pizarras negras intercaladas con esquistos gris claros a verdes. El grosor de estas rocas sobrepasa los 1,000 metros.

3.2.3 Formación Socosani

La litología en el Cerro Pampa chacra está constituida por: calizas, andesitas, areniscas y pizarras gris oscuras; además existen areniscas negras calcáreas con nódulos de caliza y estratos de calizas grises que algunas veces son olíticas con algo de chert. En el cerro Lorituyoc la litología está constituida por calizas gris claras poco compactas que se parten en lajas o capas de 2 a 10 cm. de espesor; también se encuentran calizas gris oscuras en estratos gruesos con abundantes pedernales. El grosor de esta secuencia podría sobrepasar los 600 m.

En ambos afloramientos la base de la formación es desconocida, así en los cerros Lurituyoc el afloramiento está en contacto fallado con los metasedimentos y gneises del Complejo Basal en los cerros Pampa Chacra, Tullo Huasa, chicote; el techo está cubierto concordantemente con la secuencia del Grupo Yura y también subyace discordantemente a la serie inferior del Grupo Barroso e interrumpido por un cuerpo subvolcánico de brechas.

3.2.4 Grupo Yura

En el fundo El Castillo, en el cerro Tinajas y en el cerro Pachaise, las capas rojas de la Formación Sotillo descansan con discordancia angular sobre los paquetes del Grupo Yura. La base no es observable debido a dos impedimentos, ya sea porque se encuentra cubierta por el Cuaternario o porque ha sido intruída por rocas plutónicas.

En el fundo el Castillo, el Grupo Yura está constituido por calizas grises y amarillas intercaladas con areniscas grises y lutitas que se encuentran atravesadas por pequeños cuerpos de andesita gris de grano fino y por granito que ha metamorfozeado la caliza dando lugar a la formación de granate.

El cerro Tinajas, se observan afloramientos de un color verde rojizo bastante alterado, además de los sedimentos; en este lugar se presentan brechas volcánicas de color verde y andesitas de grano fino bastante piritizadas.

3.2.5 Formación Murco

Descansa concordante sobre las areniscas blancas de la Formación Hualhuani, con igual relación infrayace a las calizas de la Formación Arcurquina.

Aflora al SO de Cotahuasi, al SE de Pampacolca y en las quebradas Ancash y Sayaccaca. Su espesor llega hasta 250 metros. Se caracteriza por su superficie de color rojizo y verde su forma topográfica corresponde a un relieve más moderado que aquel del Yura.

La formación Murco está compuesta principalmente por areniscas blancas, grises y rojizas de grano fino y limolitas verdes con capas de yeso. En las areniscas blancas

se puede observar nítidamente los granos de cuarzo aunque la unidad muestra bastante oxidación.

3.2.6 Formación Arcurquina

Jenks (1948), estableció este nombre y lo utilizó para describir un conjunto de calizas que afloran en los valles adyacentes al cerro Arcurquina, situado a 11 Km. al SE del pueblo Huanca, departamento de Arequipa.

Los afloramientos se circunscriben al valle de Cotahuasi y al cerro Mamas localizado al SE de Pampacolca.

Descansa concordante sobre la formación Huanca, aunque en algunos lugares se observa angularidad. Por erosión muchas veces desaparece al Formación Huanca y entonces encontramos una superficie casi horizontal en las calizas Arcurquina, sobre la cual descansan discordantemente los volcanes del grupo Tacaza.

Las calizas de la Fm. Arcurquina son grises, se presentan en estratos gruesos que llegan hasta 2 m. de espesor; en Taurisma se han encontrado abundantes restos de fósiles, la mayoría con dimensiones menores de 1 cm. por lo que ha sido difícil de extraer debido a la dureza de la roca. Al N de Cotahuasi, la caliza se encuentra bastante fracturada y brechosa.

3.2.7 Formación Huanca

Nombre dado por Jenks (1948) a una unidad de color rojo compuesta por rocas sedimentarias de naturaleza areniscosa y conglomerádica que descansa en discordancia angular sobre las calizas de Arcurquina. Vargas (1970), señala que la Formación Huanca yace en contacto con la Formación Arcurquina por medio de una falla normal.

Aflora a lo largo del valle de Cotahuasi, descansando en algunos lugares concordantemente sobre la Formación Arcurquina y también con cierta angularidad sobre las areniscas Yura. Está cortada por una superficie de erosión horizontal sobre la cual descansan los volcánicos Tacaza. Su espesor aproximado es de 1,000 m.

En superficie es de color rojo, en la parte NE forma estratos gruesos con inclinaciones de 25° a 30°

Litológicamente está compuesta por arenisca microconglomerádica de color rojo en su base, seguida por grauwaca con elementos redondeados de volcánicos de color gris, conglomerados violáceos y rojos con elementos redondeados y subredondeados de andesita violácea gris y verde con diámetros de 1 a 20 cm. También encontramos andesita microbrechosa de color marrón.

Al sur de Cotahuasi los niveles de la Formación Huanca están descansando discordantemente sobre el Grupo Yura; siguiendo el afloramiento de capas rojas, tenemos brecha volcánica con bloques angulosos de andesita verdes que llegan hasta 50 cm. de diámetro y que se hallan dentro de una matriz andesítica de color violeta.

Esta Formación se depositó después de un gran levantamiento, el que ocurrió posiblemente durante el Cretáceo superior y que correspondería a la fase Peruana

(Steinmann, 1930) que plegó moderadamente a los sedimentos inferiores. Sucede que estas capas rojas en muchos lugares se muestran concordantes y en otros discordantes sobre las rocas cretácicas infrayacentes, no habiéndose plegado en muchos sitios.

3.2.8 Formación Sotillo

Jenks (1948), denominó con este nombre, a una secuencia de areniscas arcósicas, conglomerados y arcillas no bien consolidadas de color rojo que afloran en el valle de Vitor y cerca de Sotillo.

Esta unidad se encuentra descansando sobre una superficie de erosión en forma discordante encima del Grupo Yura y de las rocas del Batolito e infrayace en discordancia debajo de la formación Millo.

Los afloramientos de esta unidad, se ubican en la parte Sur-Oeste del cuadrángulo de Chuquibamba. Tiene un espesor de 200 metros y sus inclinaciones varían entre 5° y 20°; esta formación se encuentra afectado por fallas.

La litología de la Formación Sotillo consiste principalmente de areniscas y finas y conglomerádicas de coloraciones grises, blancas, amarillas y rojizas, con predominio de estas últimas. Los sedimentos se encuentran semiconsolidados y tienen un alto contenido de material feldespático; existen algunas intercalaciones de capas de yeso que alcanzan hasta 15 cm. de espesor.

Las areniscas de ésta unidad, son de origen continental, muestran poca deformación.

3.2.9 Formación Caravelí

Esta formación ha sido descrita por V. Pecho (1983) y consiste de conglomerados, areniscas tobáceas y lentes de tobas retrabajadas que afloran en la ciudad de Caravelí en el cerro de Cuno Cuno ubicado en la hoja de Caravelí, prolongándose hasta las proximidades de la hoja de la Yesera.

La mayor parte de los afloramientos de la Fm. Caravelí, se localizan al Sur del cuadrángulo de Chuquibamba; es la prolongación de los miembros conglomerádicos Cruz Blanca – Cuno Cuno (Pecho 1983), que descansan discordantemente sobre la Formación Sotillo y sobre la superficie labrada en las formaciones cretáceas o en el Batolito; infrayace discordantemente a la Fm. Sencca y al Grupo Barroso en las quebradas de Escalera y Piñog. El grosor medido en una sección del cerro Cuno Cuno, situado 10-Km. al OSO del cuadrángulo, es de 440 m. y la litología es la siguiente:

3.2.10 Formación Paracas

Ha sido denominada por Petersen G. (1954) en el estudio geológico de la faja costanera del Departamento de Ica; también ha sido reconocida en el cuadrángulo de Caravelí, Pecho V. (1983).

En el área de trabajo se encuentra al Sur del cuadrángulo de Chuquibamba, se caracteriza por contener sedimentos marinos con algunos horizontes tobáceos. En general yendo de la base hacia el techo se encuentra conglomerados, areniscas calcáreas, calcarenitas, tobas y areniscas calcáreas; la coloración de toda la secuencia

varía de blanco amarillento a gris blanquecino; fácilmente se puede reconocer en el campo, así como las fotografías aéreas debido a su monotonía litológica y coloración característica. El espesor se estima en 200 m. La Formación Paracas suprayace discordantemente a la Formación Caravelí y otros lugares a los intrusivos tonalíticos-granodioríticos de la superunidad Incahuasi e infrayace estratigráficamente a los depósitos de la Formación Huaylillas.

3.2.11 Grupo Tacaza

Newell (1949), denominó Grupo Tacaza a un conjunto de rocas compuestas por basaltos y arcosas en la parte baja y aglomerados de andesita con tobas dacíticas en la parte alta y que afloran en la mina Tacaza, Distrito de Santa Lucía, departamento de Puno.

Este grupo descansa sobre una superficie casi horizontal que se formó sobre los sedimentos Cretáceos y del Terciario inferior que se hallan bien plegados.

El Grupo Tacaza está bien expuesto al Norte del cuadrángulo de Cotahuasi. Su litología es muy variada y corresponde mayormente a rocas volcánicas, en especial piroclásticas con algo de sedimentitas. Su espesor llega aproximadamente hasta los 1,500 m.

En un recorrido desde Alca-Puica río Sumana siguiendo el camino de herradura, se observan las siguientes características geológicas:

En Alca se encuentran ignimbritas y dacitas de grano medio de color gris, que están intruídas por tonalita de grano fino y también se observan óxidos de cobre.

Antes de llegar a Puica, se encuentran rocas riolíticas con abundante cantidad de ortosa, están afectados por una falla normal de dirección N-S, con posición vertical que ha volteado las capas cerca al plano de falla.

Entre Puica y el río Sumana se tiene andesita gris y violácea de grano medio. También existe una roca blanca de pasta fina constituida por sílice. El color de la superficie meteorizada en la parte alta varía ente blanco, amarillo y rojo según la composición y alteración de las rocas.

La topografía que se presenta es ondulada y no se observan farallones; la inclinación de los volcánicos se debe mayormente a los desplazamientos ocasionados por fallas.

3.2.12 Formación Alpbamba

Esta formación se encuentra distribuida ampliamente entre la parte meridional y el Norte del cuadrángulo de Cotahuasi. Está compuesta por tobas dacíticas, lapillis, tobas brechoides; toda la secuencia tiene una coloración que varía de marrón a blanquecino o marrón grisáceo y coloración violácea estas coloraciones características, permiten que sea fácilmente identificable en el campo, casi en forma regional, asimismo en las fotografías aéreas donde se le puede seguir por varias decenas de Km. En el cuadrángulo de Cotahuasi, paraje de Llaclle, el cerro Sarencca así como en las partes altas del poblado de Puica, la Formación Alpbamba se encuentra interestratificada con lavas riolíticas a dacíticas y entre el pueblo de

Ayahuasi y el cerro Condorsayhua se encuentran tobas soldadas con fragmentos de rocas de tamaño variable.

3.2.13 Formación Huaylillas

Fue descrita inicialmente por Wilson y García (1962), en el estudio geológico del cuadrángulo de Huaylillas. Litológicamente conformado por tobas dacíticas y riolíticas de color grisáceo a blanco amarillento mayormente.

Esta unidad se le encuentra principalmente en el cuadrángulo de Chuquibamba hacia el flanco pacífico, formando extensas pampas cuya superficie es sub-horizontal con una inclinación hacia el sur. Se presenta cubriendo una superficie de erosión que ha sido labrada en las rocas batolíticas, así como también en las del Complejo Basal, Complejo Bella Unión, la Fm. Caravelí, Gpo. Tacaza.

Las rocas que constituyen esta unidad, son esencialmente piroclásticas, compuestas por tobas dacíticas y riolíticas de color grisáceo a blanco amarillento.

3.2.14 Formación Sencca

Esta formación fue establecida por S. Mendivil (1905). En ella describe a un conjunto de rocas volcánicas de naturaleza piroclástica que afloran en la quebrada de Sencca, ubicada al SE de la hoja de Maure.

La Formación Sencca de los cuadrángulos de Cotahuasi y Chuquibamba, ocurre en forma limitada al NE de Yanaquihua en las quebradas Piñog, la Tranca, Lucmayoc, Tacopacha; se hallan formando las pampas como la de Sique, Auqui, Chalucmarca de poca extensión; generalmente cubren o rellenan una superficie baja.

Las rocas que constituyen esta unidad, son esencialmente piroclásticas, compuestas por tobas dacíticas y riodacíticas cuyo color predominante es el gris, que puede variar a blanco amarillento y rosado. El mayor espesor se observa a ambos lados del río Arma, aguas arriba del pueblo de Salamanca; es de 150 m.

3.2.15 Grupo Barroso

El nombre proviene de la Cordillera Barroso, en la Sierra del Dpto. de Tacna. Ha sido estudiado por Wilson y García (1962), Mendivil (1965), Guevara (1969), Vargas (1970) y Caldas 1993). En el cuadrángulo de Palca, Wilson y García (1962), denominó Formación Barroso a un complejo volcánico que consiste de antiguos conos erosionados que forman la Cordillera del Barroso. El nombre de Grupo Barroso, fue dado por Mendivil (1965) al estudiar los cuadrángulos de Maure y Antajave.

Esta Cordillera tiene dirección NO-SE y se extiende en los Dptos. de Tacna, Moquegua, Arequipa y parte de Ayacucho, constituyendo la Cordillera Volcánica del SO del Perú, pasando por las hojas de Chuquibamba-Cotahuasi terminando su recorrido en el volcán Sara-Sara.

El Grupo Barroso se encuentra presente en el cuadrángulo de Cotahuasi y al Norte del cuadrángulo de Chuquibamba. Se le encuentra formando grandes conos volcánicos tales como el Coropuna, Solimana, Firura, que en estos momentos se encuentran parcialmente cubiertos por nieves perpetuas, sobre todo el Coropuna que

ocupa una gran extensión. Otros volcanes más pequeños, tales como el cerro Anapuna y Antapuna Chico, también han dado lugar a coladas de lava; estas lavas se circunscriben a los alrededores de los volcanes.

3.2.16 Depósitos morrénicos

Este tipo de depósitos están rodeando a los tres grandes volcanes existentes en el área y que se denominan Coropuna, Solimana y Firura.

Durante el Pleistoceno, esta región estuvo cubierta la mayor parte por hielo, el cual fue desapareciendo por diferentes causas (evaporación, fusión, falta de alimentación) y a su vez, fue retrocediendo hasta situarse en el lugar que ocupa actualmente, en la cumbre de los volcanes constituyendo los conocidos nevados. Entre estos, el más grande es el Coropuna, que se encuentran a una altitud de 6,300 m.s.n.m.

La altitud mínima en la que se presentan las morrenas, es de 5,00 m.s.n.m. Se considera que desde el Pleistoceno, las morrenas han jugado un papel importante en el modelado del relieve actual, formando así valles en forma de U como aquel que se puede ver en la naciente del río Cotahuasi; también han dado lugar a muchas lagunas alrededor del Nevado Firura. La acción erosiva la observamos en los afloramientos del Grupo Barroso que bordean los nevados y se presentan completamente fracturados y afectados por la acción abrasiva de los glaciares.

3.2.17 Depósitos glaciofluviales

En el área de estudio los depósitos glaciofluviales pleistocénicos, ocupan las partes más bajas de los Nevados Coropuna, Solimana y Firura, como consecuencia de la destrucción de morrenas por la acción fluvial; éstos depósitos glaciofluviales ocupan las planicies y quebradas pequeñas, sobre las planicies están constituidos principalmente por los mismos elementos que las morrenas (fragmentos volcánicos en matriz arcillosa); también se encuentran en las quebradas tributarias próximas a los valles del río Huarcaya y Cotahuasi, discontinuamente ocurren a manera de terrazas antiguas aisladas; en este caso, su composición es variada (pudiendo existir fragmentos de rocas volcánicas, calizas, areniscas rocas intrusivas y algunas veces pizarras y filitas).

3.2.18 Depósitos aluviales recientes

Al Sureste del cuadrángulo de Chuquibamba, en el límite con el cuadrángulo de La Yesera, se presentan unos conglomerados que han sido redepositados sobre las Formaciones Caravelí y Sotillo. Están constituidos por rodados de cuarcitas, gneises y rocas intrusivas que han sufrido mucho transporte; su superficie es de color gris rojizo y su topografía es de relieve moderado.

Otros depósitos recientes se encuentran en algunas pampas en el cuadrángulo de Cotahuasi, sobre los 3,400 m.s.n.m. Están constituidas por un material suelto, fino, que en muchos lugares por la presencia de agua, están formando bofedales, como el de Puchuncho. También se observan numerosos deslizamientos al Sur de Pampamarca.

Los valles de Chuquibamba, Cotahuasi y Arma, constituyen ejemplos de depósitos aluviales formados por arcillas, conglomerados y gravas; son importantes las terrazas

fluviales, que se han formado en las laderas de los ríos y los depósitos fluviales que ocupan el lecho de los mismos.

3.2.19 Grupo Andahua

Su nombre proviene del área del valle Andahua en el cuadrángulo de Orcopampa, donde J. Caldas (1993), ha descrito el Grupo Andahua constituido por rocas volcánicas lávicas y piroclásticas de composición andesítica a dacítica formadas después que se desarrolló el encañonamiento de los ríos actuales. Esta unidad se extiende hacia los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi y ocurren a modo de emisiones de la última fase volcánica conocida y compuestos por pequeños conos volcánicos y flujos de lava de recorrido corto. En general, la composición de las lavas, son andesíticas de color gris oscuro y negruzco con fenocristales de hornblenda y plagioclasa dentro de una matriz vítrea de estructura fluidal.

Los flujos lávicos se encuentran próximos al río Sumana. En el cerro Kiura, se presentan como derrames lávicos en los flancos de los Nevados de Coropuna y Firura. La litología está constituida por lavas andesíticas de color gris marrón, afáníticas y/o porfíricas con fenocristales de plagioclasas que alcanzan hasta 3 mm.. Estos cuerpos volcánicos, parecen estar rellenando a estructuras regionales ó a conos volcánicos pre-existentes.

Alrededor del Nevado Coropuna, en los cerros Sepulturayoc, Queñua Ranra y Buena vista, se presentan tres afloramientos de lava que tienen la forma de lengua que descansan sobre el Grupo Barroso y algunas morrenas.

3.3 ROCAS INTRUSIVAS

En los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi, la actividad magmática está comprendida por eventos plutónicos y subvolcánicos. Las rocas resultantes de los primeros se distribuyen con mayor amplitud al Sur y Oeste del cuadrángulo de Chuquibamba y en la esquina Suroeste del cuadrángulo de Cotahuasi; también se encuentran en forma de cuerpos pequeños a lo largo del valle del río Huarcaya (Cotahuasi), los segundos están constituidos como cuerpos pequeños y aislados en ambos cuadrángulos.

Los intrusivos plutónicos son mayormente granodioritas-tonalitas del Batolito de la costa emplazadas durante el Cretácico-Terciario. También se encuentran tonalitas-dioritas así como alguno subvolcánicos andesíticos; además existen algunos afloramientos del Complejo Bella Unión que son anteriores a los intrusivos del Batolito.

CAPITULO IV

GEODINAMICA INTERNA

4.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA

4.1.1 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.

4.1.1.1 Sismicidad Histórica

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

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

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

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

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

19 de Febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza oscureció 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, Hawai, 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 más de 600 metros. Esa misma noche se produjeron como 100 réplicas. 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 área 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 del 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 Chincha 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 ó 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](#).

4.1.1.2 Tectonismo de la Región Andina

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, 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 Litosférica 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



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

ISOSISTAS DEL TERREMOTO
 DEL SUR DEL PERU
 DEL 23 DE JUNIO DEL 2001

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 7

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.

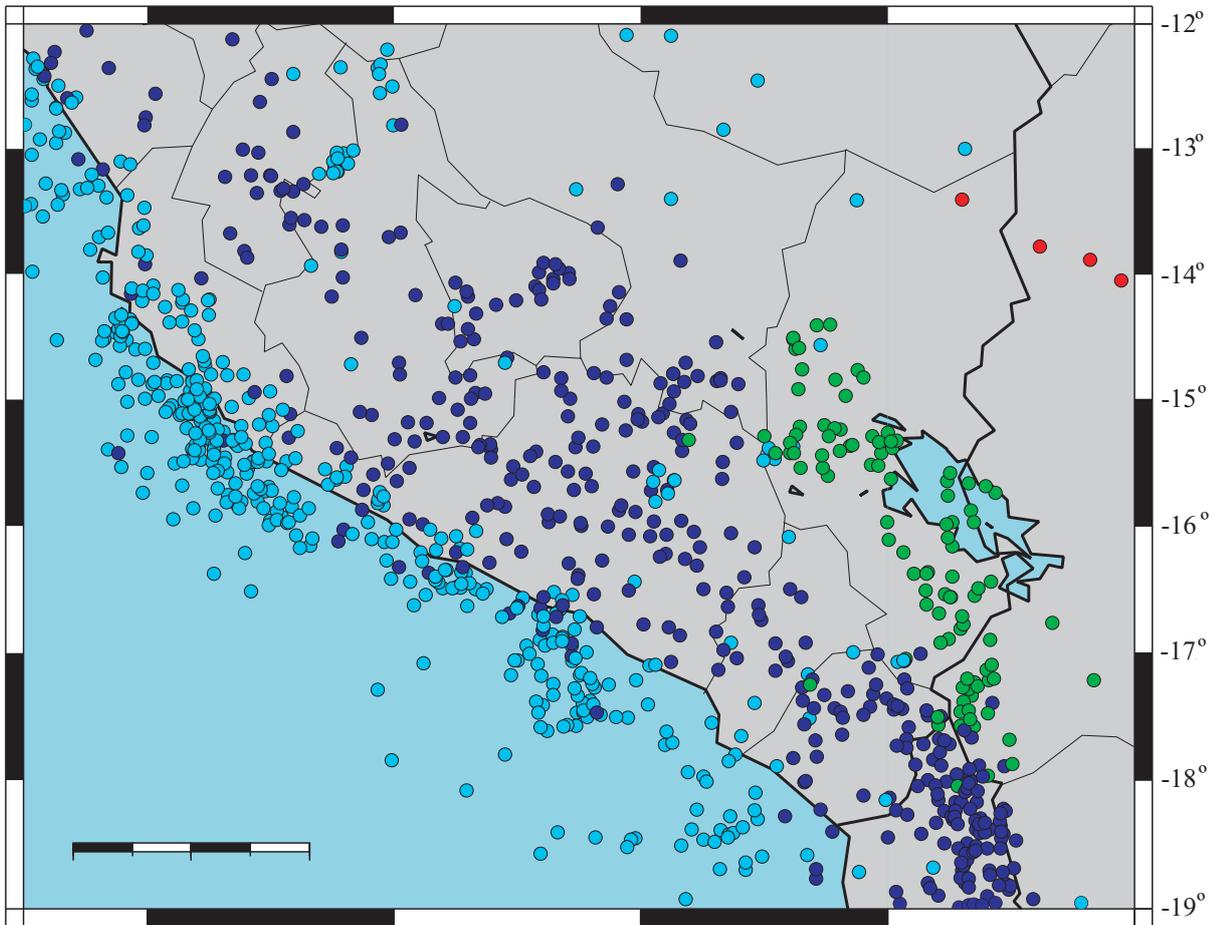
Estudios efectuados por Abe & Kanamori (1979) mencionan que los sismos profundos e intermedios proveyeron importante información sobre las propiedades mecánicas y la distribución de esfuerzos de la placa oceánica subduida. Estudios sobre los sismos profundos en América del Sur, con esta finalidad, fueron 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.

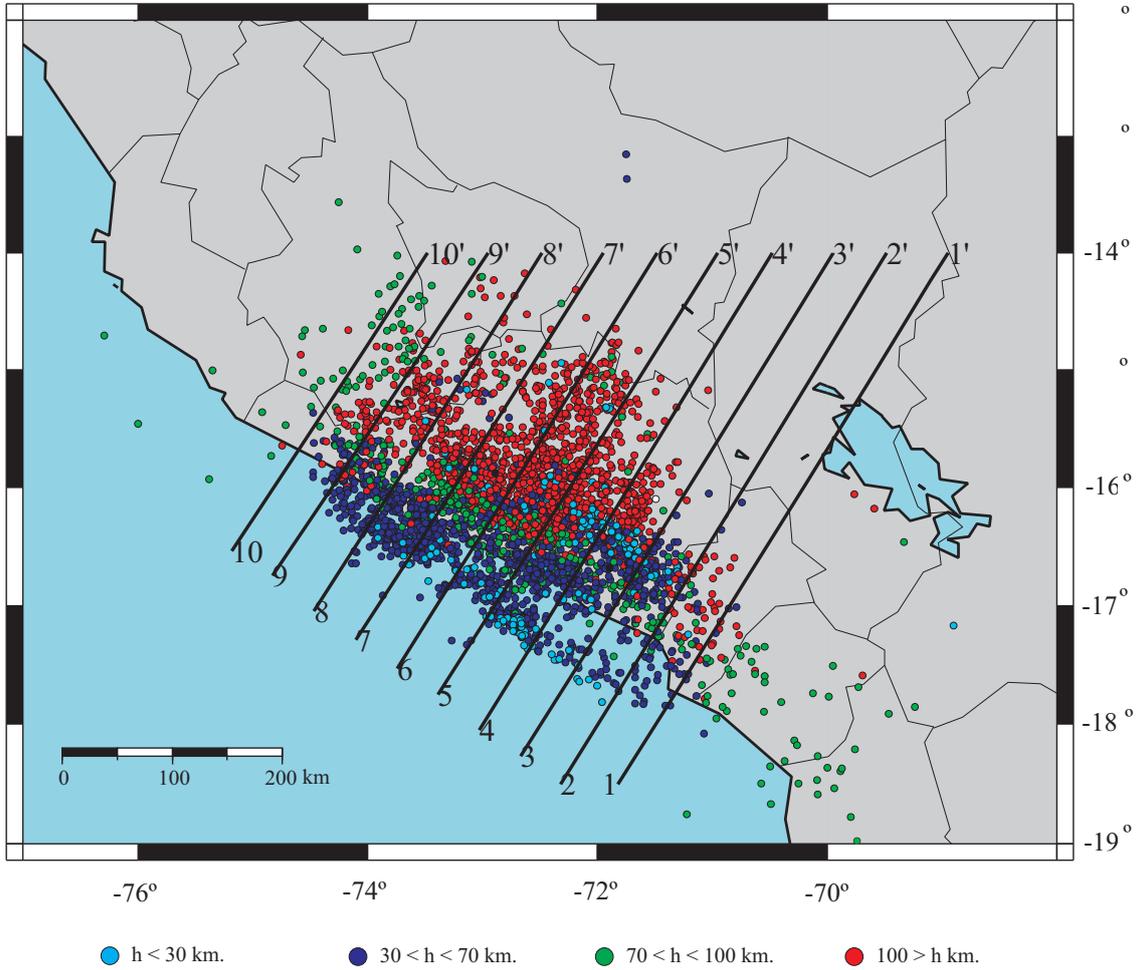
4.1.1.3 Análisis de la sismicidad

Distribución epicentral en el área de estudio.- La distribución epicentral se encuentra 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.



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

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA - INDECI</p>	
<p>MAPA EPICENTRAL PERIODO 1964 - 1998</p>		
<p>Fecha: setiembre, 2001</p>	<p>Ref.: Engdahl</p>	<p>Fig. N° 8</p>



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA - INDECI	
	MAPA EPICENTRAL CAMPAÑAS SISMICAS 1965, 1969, 1975-76 y 1985	
Fecha: setiembre, 2001	Ref.: Engdahl	Fig. N° 9

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 (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.

1/1000

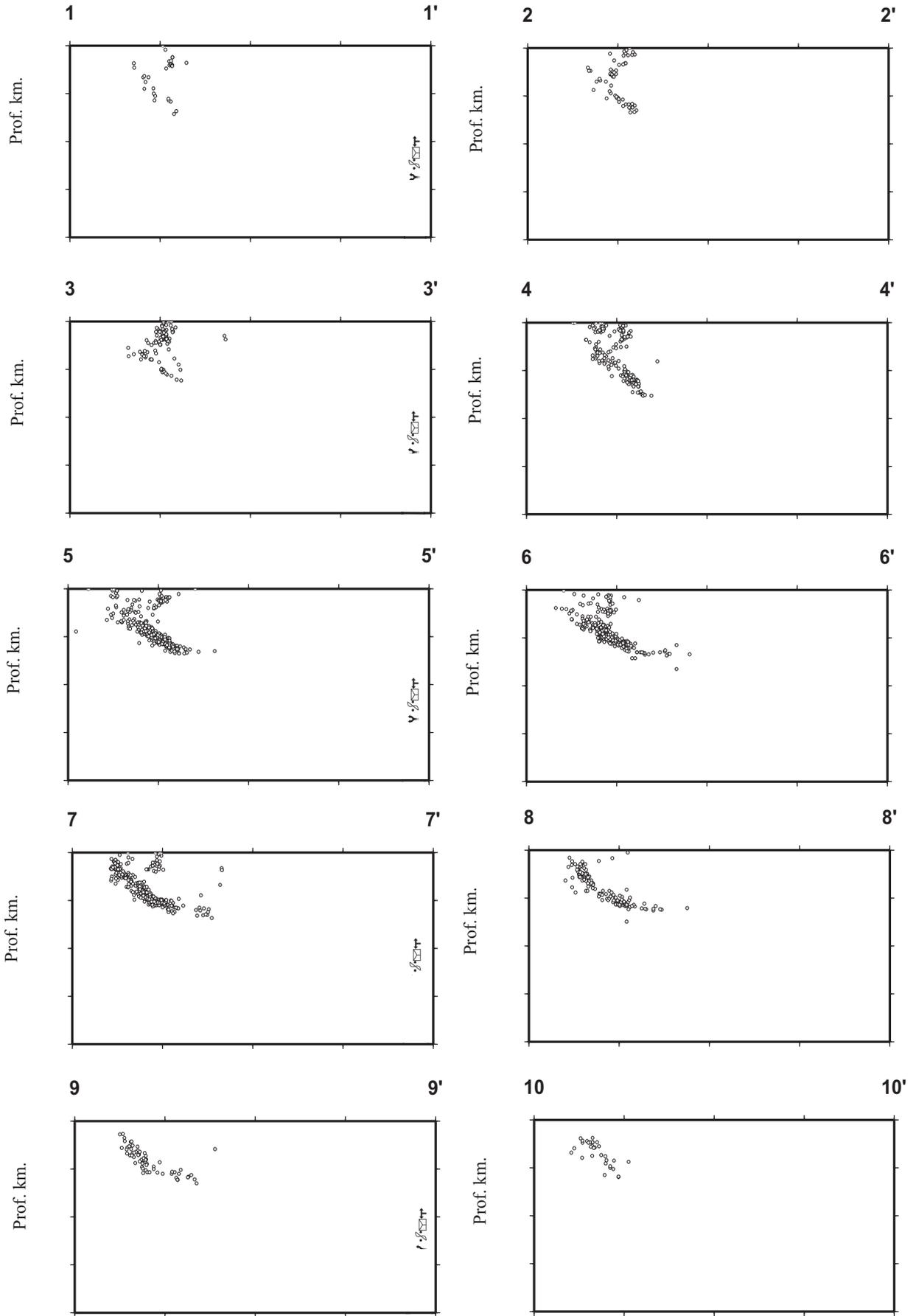


Fig. N° 10: SECCIONES SISMICAS

CAPITULO V

IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

5.1 REFRACCION SISMICA

En la localidad de Chuquibamba, debido a las condiciones topográficas se realizó 5 perfiles de refracción sísmica (foto 5) (Anexo H, Plano 1)

Los perfiles de refracción sísmica, nos ha permitido determinar entre dos a tres estructuras con velocidades bajas de 257.14m/seg. a 402.78m/seg. y con espesores de 0.23m. a 2.22m. que correspondería a materiales coluviales – proluviales a aluviales finos, con bloques de diferente dimensiones constituyendo una potente masa que forma parte de los terrenos de cultivo de Chuquibamba y sus anexos, así como donde se encuentra asentados estos, la segunda y tercera estructura probablemente estaría asociado a los mismos materiales que la estructura anterior pero algo más compacto.

CUADRO 6

VELOCIDADES Y ESPESORES DE CHUQUIBAMBA

PRS.	CAPA1		CAPA 2		CAPA3		TOTAL $\Sigma Z(m)$
	$V_1(m/seg)$	$Z_1(m)$	$V_2(m/seg)$	$Z_2(m)$	$V_3(m/seg)$	$Z_3(m)$	
1	257.14	1.58	600.00				1.58
2	300.00	0.23	468.75	5.72	944.44		5.95
3	402.78	1.59	954.5 5				1.59
4	315.79	2.22	1500.00				2.22
5	338.98	1.78	642.86				1.78

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
 $V_1, V_2,$ Velocidad de los diferentes horizontes
 $Z_1, Z_2,$ Espesores de los diferentes horizontes
 ΣZ Sumatoria de los espesores

* Conclusiones

Según las velocidades sísmicas, a esta zona le corresponde suelos medianamente densas, es coincidente con el nivel de daños que han sufrido por el sismo del 23 de junio del 2001. Los efectos registrados también son compatibles con la pendiente existente en el flanco SE.

5.2 SONDEO ELECTRICO VERTICAL

5.2.1 Interpretación Geoeléctrica de Chuquibamba

CUADRO 7
VALORES DE RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE CHUQUIBAMBA

S E V	H ₁		H ₂		H ₃		H ₄		H ₅		H ₆		H ₇	
	R ₁	E ₁	E ₂	R ₂	E ₃	R ₃	E ₄	R ₄	E ₅	R ₅	E ₆	R ₆	E ₇	E ₇
01	25 27	0.8 3.7	----	----	----	----	148	5.5	25	50.2	33	156.8	152	?
02	49 74	0.9 0.6	276	1.7	17	3.5	658	1.6	5	28.7	----	----	110	?
03	28 8	0.5 0.6	133	0.9	5	2.2	119	6	5	14.8	31	?	----	----

H₁ = Horizonte Geoeléctrico

R₁ = Resistividad Verdadera

E₁ = Espesor

* Descripción de los horizontes geoeléctricos determinados para la localidad de Chuquibamba

Horizonte H1. Presenta valores de resistividad entre 25 a 74 Ohmios-metro, es una pequeña cobertura con promedio de 1.2 metros, corresponde a una cubierta superficial de materiales proluviales consistente en gravas y bloques de diferentes dimensiones cementada con limo-arenosa poco consolidada por sus valores intermedios de resistividad esta estructura se encuentra humedecida.

Horizonte H2. Este horizonte presenta valores de resistividad de 276 a 133 Ohmios-metro y espesor promedio de 1.3 metros, se le ha detectado sólo en los SEVs 2.y 3, está constituido por los mismos materiales descritos anteriormente, pero más compactados y carentes de humedad

Horizonte H3. Presenta valores bajos de resistividad los mismos que varían entre 17 y 5 Ohmios-metro y tiene un espesor promedio de 3 metros, como en el caso anterior sólo se le observa en los SEVs 2 y 3; está constituido por materiales proluviales con diferente granulometría, por su bajo valor de resistividad tiene característica de un acuífero.

Horizonte H4. Presenta valores de resistividad entre de 119 y 658 Ohmios-metro, su espesor promedio es de 4 metros, está constituido por materiales proluviales, en algunos casos fuertemente compactados y con poca humedad.

Horizonte H5. Presenta valores bajos de resistividad, los mismos varían entre 5 y 25 Ohmios-metro, presenta un espesor promedio de 31 metros, está constituido por bloques de diferentes diámetros y material fino como limos, arenas y arcillas. Por sus bajos valores de resistividad debe de constituirse como un acuífero.

Horizonte H6. Presenta valores de resistividad, que varían entre 31 y 33 Ohmios-metro, el espesor de esta estructura sólo se ha determinado en el SEV 1 con 156.8 metros, constituido por bloques de diferentes diámetros y material fino como limos y arcillas, no se descarta la presencia de arenas. Por sus bajos valores de resistividad debe de constituirse como un acuífero. No se presenta en el SEV 2.

Horizonte H7. Presenta valores de resistividad con un promedio de 130 Ohmios-metro, su espesor es indeterminado, constituye la estructura impermeable de la zona, posiblemente deba corresponder a las rocas ígneas que afloran cerca de la zona de estudio

*** Perfil Geoeléctrico Longitudinal de Chuquibamba. (Anexo C, Fig. 1)**

Confeccionado a lo largo de la localidad de Chuquibamba y tomando en cuenta los SEVs 1 y 3, entre los cuales se observa una pendiente moderada de Sur a Norte. Las cuatro primeras estructuras son materiales proluviales con gravas de diferente granulometría y de media a baja resistividad, la primera estructura es común en el área de estudio, la segunda y tercera estructura sólo se presenta en el SEV 3, esta última presenta condiciones de un pequeño acuífero superficial. Subyace a estas estructuras una cobertura con valores altos de resistividad que corresponden a materiales aluviales heterogéneos en algunos casos fuertemente compactados. Los horizontes 5 y 6 corresponden a una misma estructura geológica con valores promedio de 20 Ohmios-metro, corresponde a un gran paquete con espesor promedio de 160 metros; por sus bajos valores de resistividad corresponde a una estructura acuífera. El horizonte 7 es la estructura impermeable y posiblemente corresponda a rocas ígneas que afloran muy cerca de la zona de estudio.

*** Perfil Geoeléctrico Transversal de Chuquibamba. (Anexo C, Fig. 2)**

Trazado en forma transversal al pueblo de Chuquibamba y tomando como referencia los SEVs 3 y 2. Se observa una pendiente moderada del Oeste hacia el Este. Las cuatro primeras estructuras son materiales aluviales con gravas de diferente granulometría y de media a baja resistividad, la cuarta estructura presenta condiciones de un pequeño acuífero superficial. Como en el perfil anterior subyace a estas estructuras una cobertura con valores altos de resistividad que corresponden a materiales aluviales heterogéneos en algunos casos fuertemente compactados. Los horizontes 5 y 6 corresponden a una misma estructura geológica con valores promedio de 15 Ohmios-metro, no observándose el sexto horizonte en el SEV 2, por sus bajos valores de resistividad corresponde a una estructura acuífera. El horizonte 7 es la estructura impermeable y correspondería a rocas ígneas presentes en la zona de estudio.

*** Conclusiones**

Se ha determinado siete horizontes geoeléctricos con valores medios a bajos de resistividad.

Las cuatro primeras estructuras corresponden a materiales proluviales con gravas de diferente granulometría, la primera y tercera estructura tienen un valor relativo de humedad.

Los horizontes 5 y 6 corresponden a una misma estructura geológica constituidos por bloques de diferentes dimensiones y material fino como limos, arenas y arcillas, este

paquete es de 157 metros. Se le considera como una estructura con características de acuífero.

El horizonte H7 actúa en la zona de estudio como la estructura impermeable, su espesor no ha sido determinado, posiblemente este constituido por las rocas ígneas que afloran muy cerca de la zona de estudio.

5.3 ESTUDIO GEOTECNICO

5.3.1 Mecánica de Suelos

Para la realización del estudio de suelos de la zona de la localidad de Chuquibamba, de acuerdo con las condiciones topográficas, las cuales evidencian la conformación proveniente de un deslizamiento proluviales a aluviales proveniente de las formaciones circundantes, constituidos por materiales de origen volcánico, compuesto por gravas angulosas, arenas limos y materiales finos de baja plasticidad, poco compactos, por lo cual constituyen suelos con densidades relativas muy bajas; por lo que en cierta medida vienen a generar bajo condiciones de humedecimiento o saturación, tendencias a deformaciones y la posibilidad por sus condiciones topográficas, a deslizamientos de los taludes en términos de la dinámica de suelos del mismo modo, por las densidades bajas muy susceptibles de la amplificación de las ondas sísmicas, con los consiguientes efectos de daños en las estructuras, la evaluación de los suelos se ha hecho a través de pozos de sondeo, no habiéndose determinado presencia de sales solubles en las zonas de evaluación.

*** Muestreo**

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

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

*** Humedad**

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

*** Granulometría**

Es el análisis del tamaño de las partículas, mediante una combinación del cribado y de análisis mecánico en agua, conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), determinando de acuerdo con los diámetros comprendidos entre 3 pulg.

a la malla N° 4 como gravas, los diámetros comprendidos entre las mallas N° 4 y N° 200 como arenas y los diámetros menores a la malla N° 200 denominadas como limos y arcillas

*** Límites de Atterberg**

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

Limite 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.

Limite 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, esta constituido por el valor del peso unitario del suelo, siendo la relación del peso entre el volumen.

*** Corte Directo**

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

*** Análisis Químico**

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

*** Cálculo de capacidad portante**

La capacidad de carga ultima 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:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + \gamma DN_q S_q d_q + 1/2 \gamma BN_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

Con los resultados de los valores obtenidos, se ha procedido a realizar, una zonificación de los suelos, considerando que de acuerdo con la zonificación geotécnica de los suelos se consideran cuatro grupos, siendo el primero correspondiente a suelos rocosos de muy buenas características, el segundo correspondiente a suelos gravo arenosos, el tercero correspondiente a suelos arenosos y finalmente el cuarto para suelos finos de muy bajas características de capacidad portante, en virtud a ello, se ha establecido un solo tipo de suelo para la zona de Chuquibamba.

5.3.2 Tipos de suelos

5.3.2.1 Suelos Tipo III

En síntesis, se puede considerar como una sola zona geotécnica, dadas las condiciones muy similares del suelo, caracterizada por la presencia superficial de material orgánico, subyacente se tiene la presencia de arenas y gravas angulosas envueltas por una matriz fina de color rosáceo, poco compactas. Teniendo en consideración la mayor peligrosidad generada por la saturación de los suelos y dadas las condiciones climáticas y topográficas, así como la posibilidad de amplificación

de las ondas sísmicas, se puede establecer valores de capacidad portante medias de 1.50 kg/cm² (Anexo H, Plano 4, color amarillo).

*** Conclusiones**

Se han caracterizado esencialmente por un solo tipo de suelos, de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas.

Constituido por bloques y gravas angulosas de origen volcánico aluvial, poco compacta, por consiguiente presentando valores medios de capacidad portante como lecho de fundación.

Por los análisis realizados, se ha podido determinar que, por su origen de formación aluvial, es un suelo bastante suelto, por consiguiente susceptible de amplificación bajo condiciones de sollicitación dinámica.

Bajo estas condiciones, es recomendable, tomar en consideración que se hace necesario establecer un tipo de estructuras totalmente simétricas en principio y en segundo lugar, elaborar las cimentaciones del tipo conectadas, con la finalidad de rigidizar las cimentaciones y de este modo se atenúa las deformaciones con los efectos de asentamientos diferenciales.

Por lo tanto los efectos de mayor daño, como consecuencia del último sismo, se puede atribuir a un efecto principalmente de amplificación de los suelos, y de otro lado a la precariedad y antigüedad de las construcciones.

5.4 MAPA DE PELIGROS

5.4.1 Efectos por Sismos

La distribución de daños registrados por el sismo del 23 de junio, es una clara muestra de los niveles de peligrosidad en base a la calidad de los suelos y a la precariedad de las viviendas.

Los mayores daños registrados en Chuquibamba corresponden a viviendas antiguas (fotos 6 al 9) y de adobe y sectores donde la pendiente es pronunciada (Anexo H, Plano 5). Las velocidades sísmicas encontradas en los terrenos de la ciudad de Chuquibamba es baja por su poca consistencia, es una masa muy potente de origen proluvial a aluvial, consideramos que son suelos de peligrosidad moderada (Anexo H, Plano 6)

En el sector de pendiente (fotos 10, 11) hacia el lado este de la ciudad representa un nivel de peligroso y es coincidente con los daños registrados

5.4.2 Efectos por inundación

Si bien es cierto que en Chuquibamba las precipitaciones pluviales es visiblemente alto no representa una alta peligrosidad por las pendientes existentes, sin embargo la activación de la quebrada Huancacune si representa una alta peligrosidad por el torrente que circula en épocas de lluvias (fotos 12, 13) (Anexo H, Plano 3).

5.5 EVALUACION DE DAÑOS DEL SISMO DEL 23 DE JUNIO

Los efectos del sismo del 23 de junio del 2001 han sido importantes en la ciudad de Chuquibamba como en los anexos, por el tipo de construcción (viviendas de adobes) y por la calidad de los suelos. En el [cuadro 8](#) elaborado por la Municipalidad Provincial de Condesuyos se detalla la evaluación sobre los efectos del sismo ([Anexo H, Plano 2](#)).

CUADRO 8

RESUMEN DE EVALUACION DE DAÑOS DE CHUQUIBAMBA

DEPARTAMENTO PROVINCIA DISTRITO	P O B L A C I O N					DAMNIFICADOS		VIVIENDAS		PUENTES		VIAS		EST. SALUD		CC. EE.	
	TOTAL POBLACION	TOTAL VIVIENDAS	MUERTOS	HERIDOS	DESAPA- RECIDOS	FAMILIAS	PERSONAS	DEST.	AFECT.	DEST.	AFECT.	DEST.	AFECT.	DEST.	AFECT.	DEST.	AFECT.
CHUQUIBAMBA	7000	1500	--	8	--	500	2500	200	1050		3		2		2	1	10
IRAY	1700	340	--	--	--	150	750	40	150		2		1		1		4
ANDARAY	1650	275	--	--	--	123	742	100	123		2		2		1		3
YANAQUIHUA	5500	917	--	--	--	825	4126	366	825		2		2		3		8
SALAMANCA	1450	242	--	--	--	120	725	60	120		1		1		1		6
CHICHAS	1750	292	--	--	--	263	1576	236	263		3		2		2	1	7
RIO GRANDE	3860	772	1	--	--	579	3474	180	694		1		3		3		5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La actividad económica fundamental es la agricultura y la ganadería en Chuquibamba.
- En los últimos tiempos las viviendas que se han construido en Chuquibamba y anexos son de material noble, por causa del sismo del 23 de junio, muchas de las viviendas de adobe han colapsado.
- La ciudad de Chuquibamba se encuentra asentada sobre suelos coluvio-proluvial, compuesto por una mezcla de gravas con bloques angulosos de naturaleza volcánica e intrusiva, englobados en una matriz limo-arenosa.
- Se han registrado daños en las viviendas de adobes.
- De los resultados de la refracción sísmica se deduce que los suelos no son muy compactos en la parte superficial y que correspondería a un material sumamente potente.
- La pendiente existente en el lado este de la ciudad se cataloga como peligroso, esto es, coincidente con los daños registrados.
- La quebrada de Huancucane, que discurre por el lado oeste de la ciudad representa un nivel de alta peligrosidad.
- En síntesis, se puede considerar como una sola zona geotécnica, caracterizada por la presencia superficial de material orgánico, subyacente se tiene la presencia de arenas aluviales y gravas angulosas envueltas por una matriz fina de color rosáceo, poco compactas. Teniendo en consideración la mayor peligrosidad generada por la saturación de los suelos y dadas las condiciones climáticas y topográficas, así como la posibilidad de amplificación de las ondas sísmicas, se puede establecer valores de capacidad portante medias de 1.50 kg/cm^2 ([Anexo H, plano 5 color amarillo](#)).
- La recomendación se centra en la construcción de tipo cimentación conectada mediante vigas de cimentación que deben formar entramados en los sentidos principales de los pórticos, siendo los casos de daños por la antigüedad de las construcciones y el uso de adobe, como materia prima para la construcción, demostrándose, que este sistema constructivo, no es el adecuado para la zona, por no presentar un material adecuado para la elaboración del adobe.

- Las construcciones futuras deberán tener en cuenta técnicas adecuadas en su proceso.
- La educación es factor fundamental para la prevención y mitigación en el caso de la ocurrencia de fenómenos naturales.
- 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abe, K., & Kanamori, H., (1979). Temporal variation of the activity of intermediate and deep focus earthquakes, *J. Geophysics. Res.*, 84, 3589 - 3595.
- Barazangi, M., & Isacks, B.L., (1979). subduction of the Nazca plate beneath Peru: evidences from spatial distribution of earthquakes, *Geophysics. 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, *Geophysics. 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 to the microearthquake seismicity and faulty plane solutions in southern Peru and their implications, *J. Geophysics. Res.*, 89, 6139-6152.
- Griffiths D.H. King R.F. Geofísica Aplicada para Ingenieros y Geólogos. Ed. Paraninfo Madrid. 1972.
- Gutenberg, B., & Richter, C., (1954). Seismicity of the Earth and associated phenomena, Princeton University Press, New Jersey, 2 Ed., 310p.
- James, D. E., (1971). Plate tectonic model for the evolution of the central Andes, *Geological Soc. Amer. Bull.*, 82, 3325-3346.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona San José de Uzuña. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona Cutanayo Pochi. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona de Chalhuanca. Arequipa. Noviembre 1991.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona de Bamputañe. Arequipa. 1992, Instituto Geofísico de la UNSA.

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

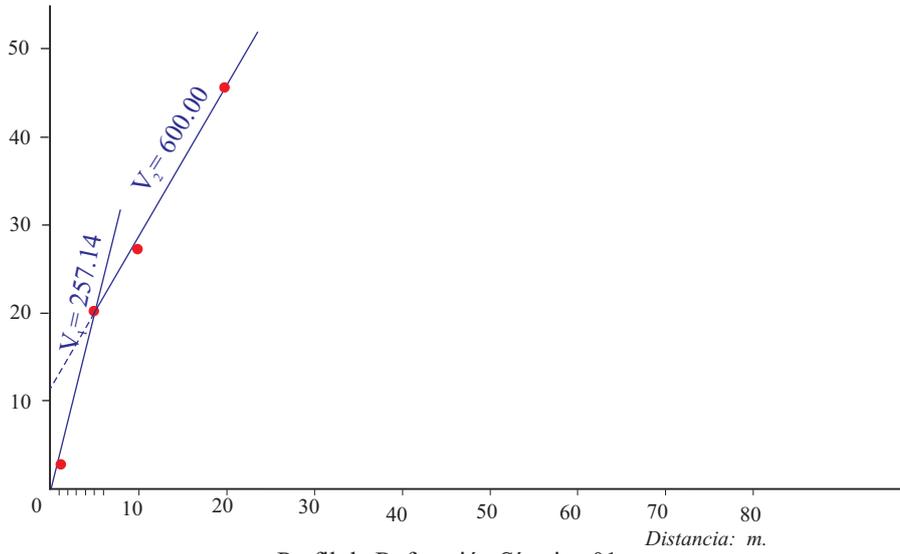
ANEXOS

A. LISTA DE PERFILES SÍSMICOS

1. Perfil Sísmico, Chuquibamba (Esq. Arica – Acequia Alta)
2. Perfil Sísmico, Chuquibamba (Calle Consuelo, 2da cuadra)
3. Perfil Sísmico, Chuquibamba (Calle acequia alta – costado de estadio municipal)
4. Perfil Sísmico, Chuquibamba (Esq. La Mar – Callao)
5. Perfil Sísmico, Chuquibamba (Esq. Melgar – Raimondi)

CHUQUIBAMBA - RS 1
(Esq. Arica - Acequia Alta)

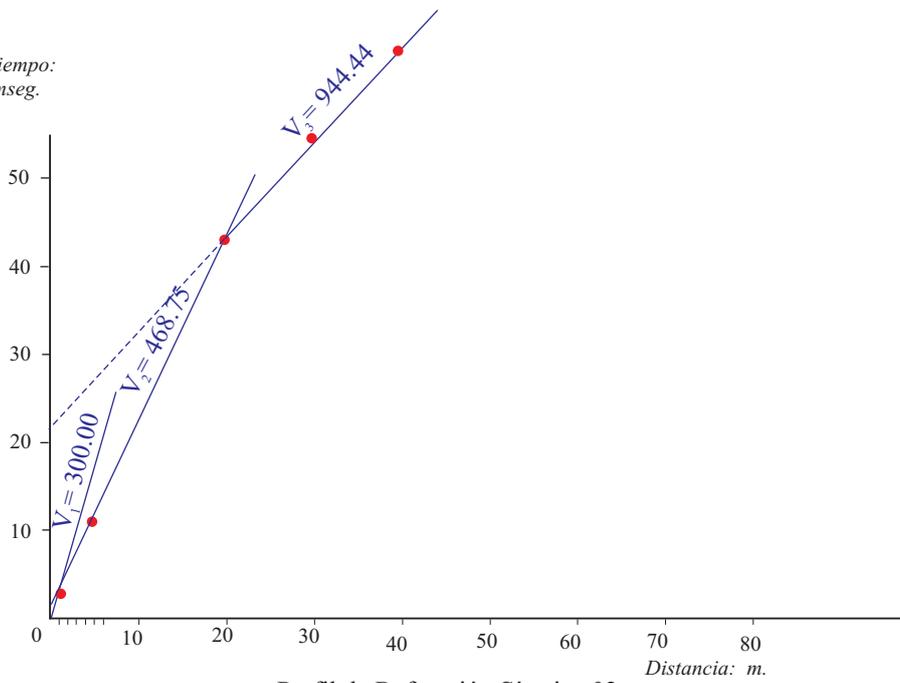
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 01

CHUQUIBAMBA - RS 2
(Calle Consuelo 2da cuadra)

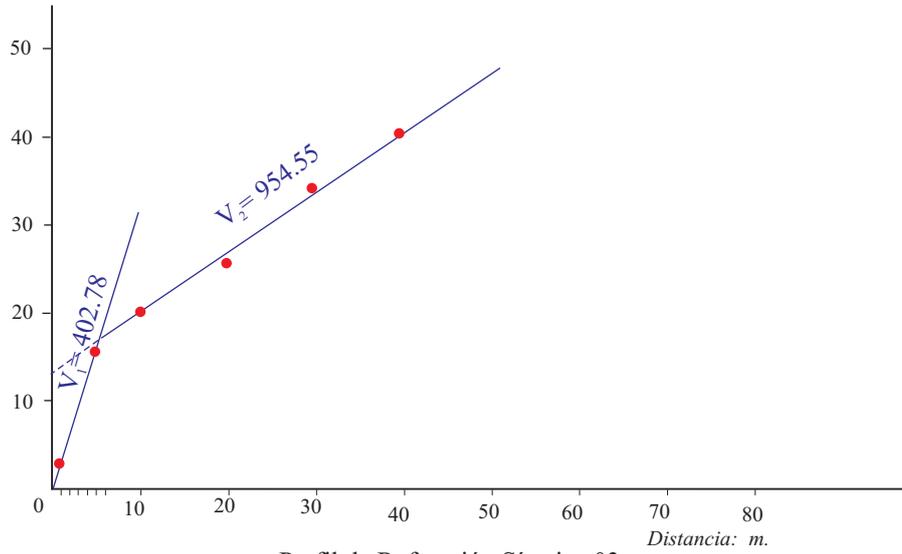
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 02

CHUQUIBAMBA - RS 3
(Calle Acequia Alta - Costado de estadio municipal)

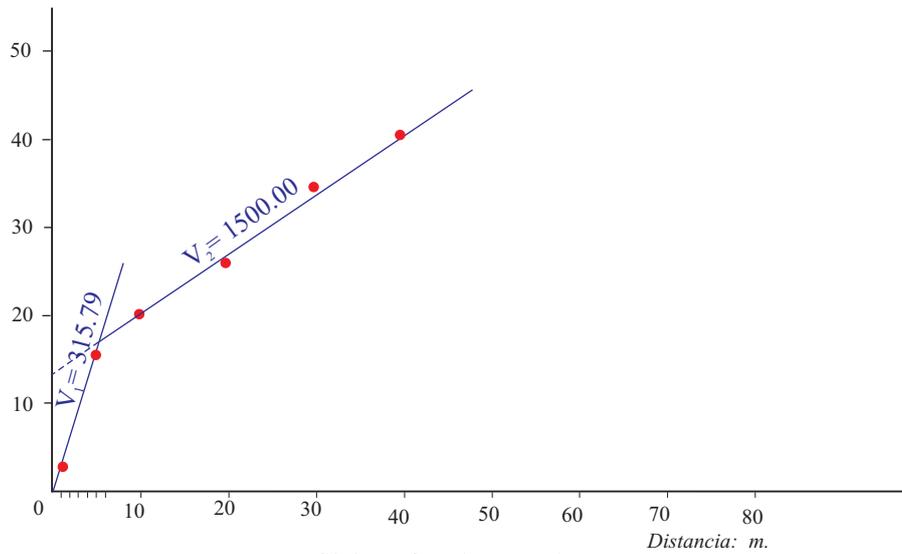
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 03

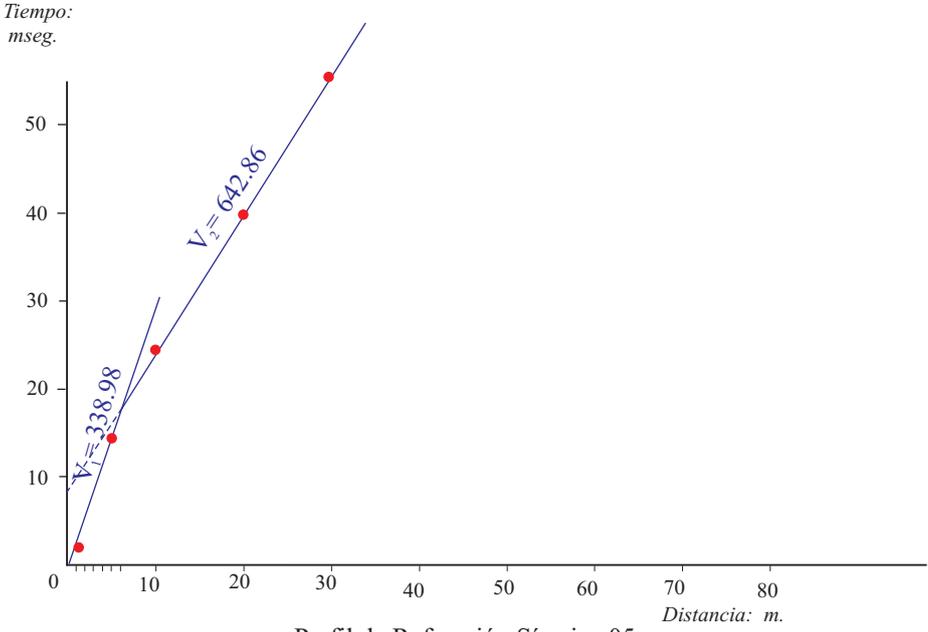
CHUQUIBAMBA - RS 4
(Esq. La Mar - Callao)

Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 04

CHUQUIBAMBA - RS 5
(Esq. Melgar - Raimondi)



Perfil de Refracción Sísmica 05

B. LISTA DE COLUMNAS SÍSMICAS

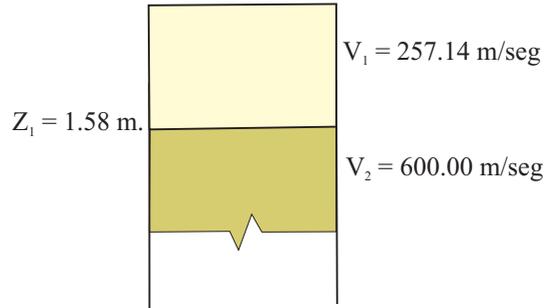
1. COLUMNA SISMICA CHUQUIBAMBA

- Esq. Arica - Acequia Alta
- Calle Consuelo, 2da cuadra)
- Calle Acequia Alta, costado de estadio municipal

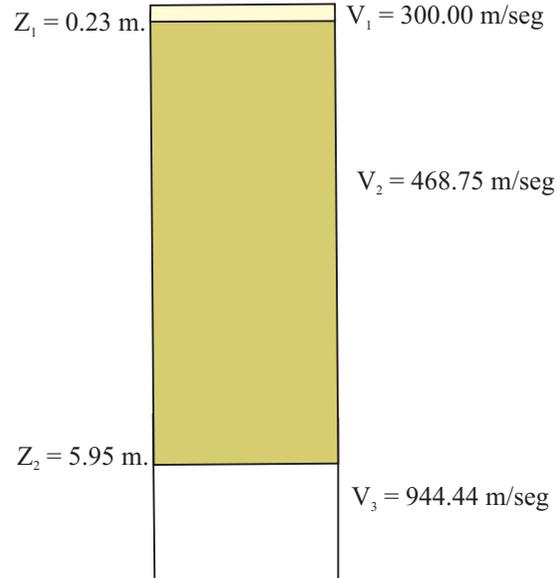
2. COLUMNA SISMICA CHUQUIBAMBA

- Esq. La Mar – Callao
- Esq. Melgar - Raimondi

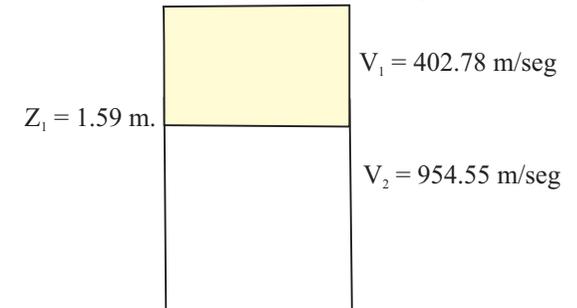
CHUQUIBAMBA - RS 1
(Esq. Arica - Acequia Alta)



CHUQUIBAMBA - RS 1
(Calle Consuelo 2da cuadra)



CHUQUIBAMBA - RS 1
(Calle Acequia Alta,
costado de estadio Municipal)



Leyenda

- Materiales aluvionales finos con bloques de diferente dimensión
- Materiales aluvionales finos con bloques de diferente dimensión más compacto
- Materiales aluvionales finos con bloques de diferente dimensión algo más compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



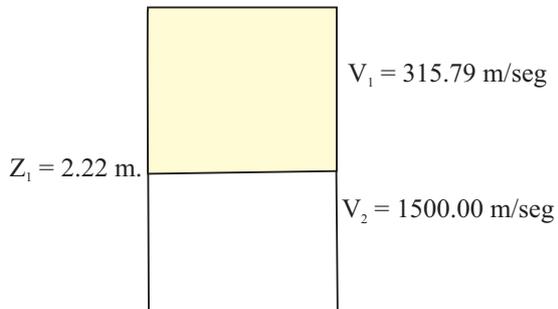
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
CHUQUIBAMBA

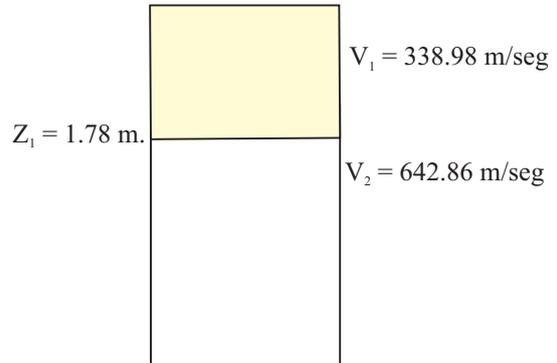
Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 1

CHUQUIBAMBA - RS 4
(Esq. La Mar - Callao)



CHUQUIBAMBA - RS 5
(Esq. Melgar - Raimondi)



Leyenda

-  Materiales aluvionales finos con bloques de diferente dimensión
-  Materiales aluvionales finos con bloques de diferente dimensión algo más compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



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

COLUMNA SISMICA
CHUQUIBAMBA

Fecha: setiembre, 2001

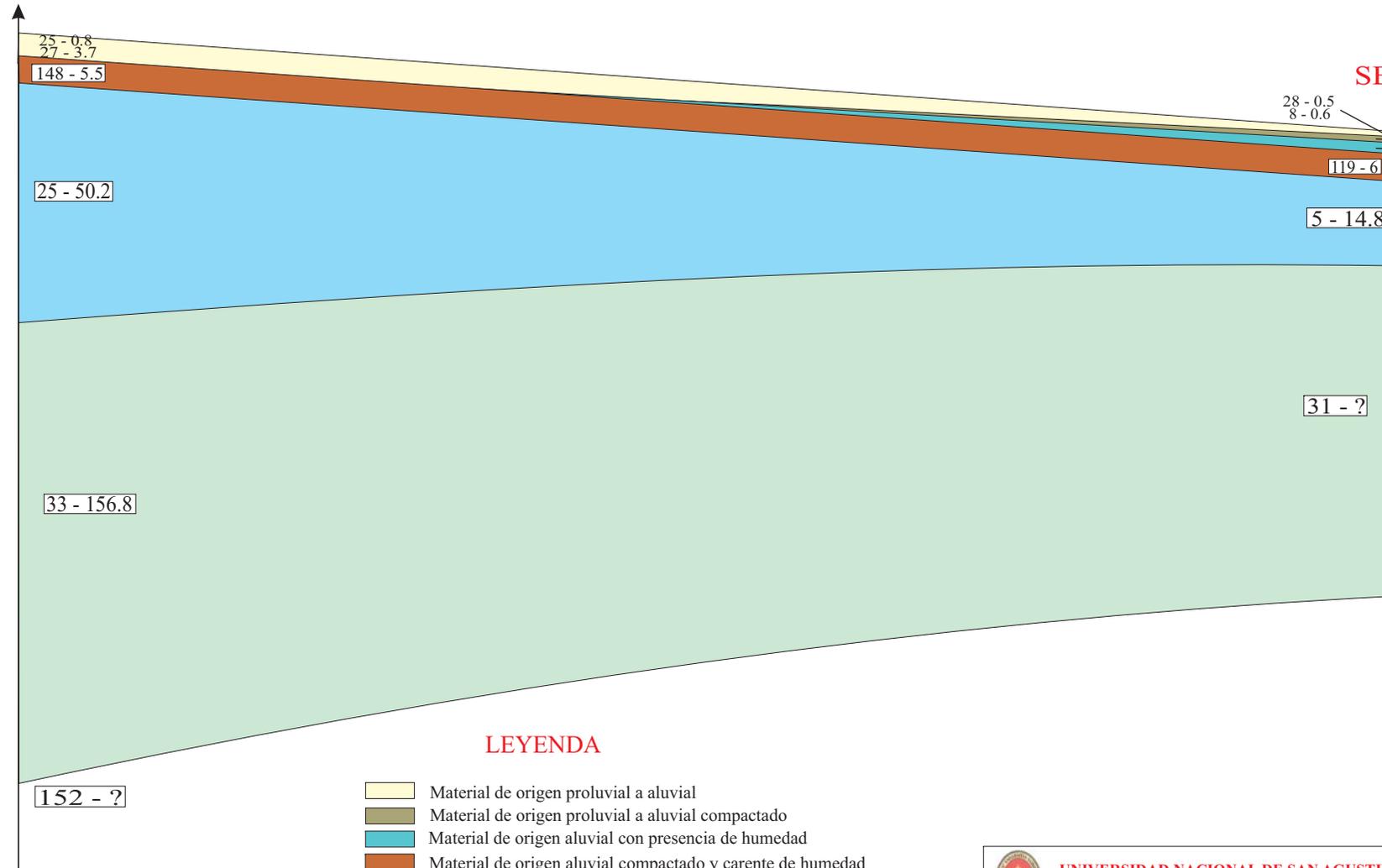
Fig. N° 2

C. LISTA DE COLUMNAS GEOELECTRICAS

1. PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL DE CHUQUIBAMBA
(SEV1 – SEV 3)
2. PERFIL GEOELECTRICO TRANSVERSAL DE CHUQUIBAMBA
(SEV3 – SEV2)

PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL CHUQUIBAMBA

SEV 1



SEV 3

LEYENDA

- Material de origen proluvial a aluvial
- Material de origen proluvial a aluvial compactado
- Material de origen aluvial con presencia de humedad
- Material de origen aluvial compactado y carente de humedad
- Material de origen aluvial saturado de humedad
- Material de origen aluvial con presencia de humedad
- Basamento rocoso

5 - 14.8

Resistividad - Espesor



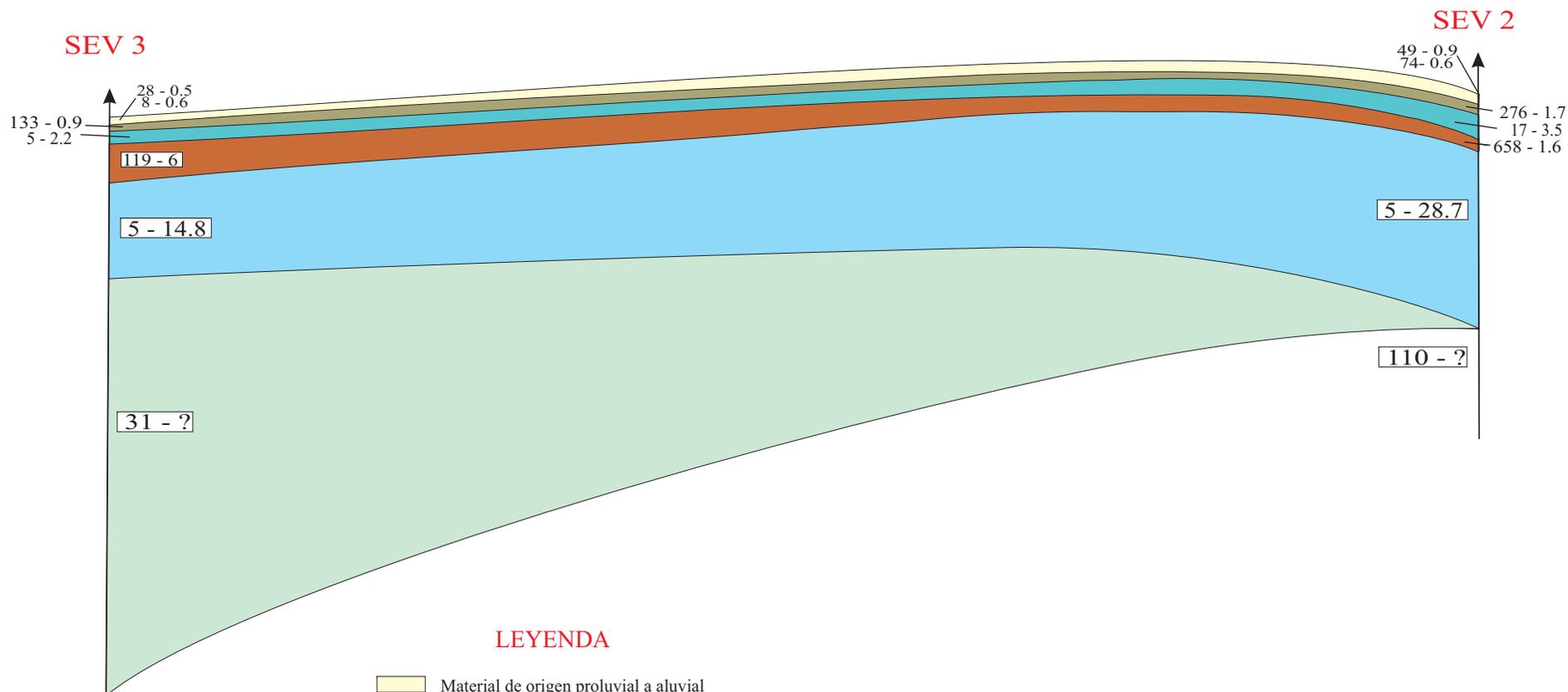
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO
 LONGITUDINAL DE CHUQUIBAMBA

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 1

PERFIL GEOELECTRICO TRANSVERSAL CHUQUIBAMBA



LEYENDA

- Material de origen proluvial a aluvial
- Material de origen proluvial a aluvial compactado
- Material de origen aluvial con presencia de humedad
- Material de origen aluvial compactado y carente de humedad
- Material de origen aluvial saturado de humedad
- Material de origen aluvial con presencia de humedad
- Basamento rocoso

5 - 14.8
 Resistividad - Espesor



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

PERFIL GEOELECTRICO
TRANSVERSAL DE CHUQUIBAMBA

Fecha: setiembre, 2001

Fig. N° 2

D. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

RESULTADO ANALISIS MECANICA DE SUELOS

MUESTRA	UBICACIÓN	Humedad (%)	γ mín.(g/cm ³)	γ máx (g/cm ³)
M - 1	Calle Lima - Calle Bolognesi	16,56	1,001	1,341
M - 2	Calle A. Ugarte	11,48	1,274	1,628
M - 3	Calle Aviación	2,36	0,936	1,257
M - 4	Calle Aviación	15,00	0,936	1,257

MUESTRA	UBICACIÓN	S.U.C.S.
M - 1	Calle Lima - Calle Bolognesi	SC
M - 2	Calle A. Ugarte	GP - GM
M - 3	Calle Aviación	SC
M - 4	Calle Aviación	SC

MUESTRA	UBICACIÓN	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
M - 1	Calle Lima - Calle Bolognesi	N.P.	N.P.	N.P.
M - 2	Calle A. Ugarte	N.P.	N.P.	N.P.
M - 3	Calle Aviación	N.P.	N.P.	N.P.
M - 4	Calle Aviación	N.P.	N.P.	N.P.

MUESTRA	UBICACIÓN	Profundidad (m)	ϕ	q_u (kg/cm ²)
M - 1	Calle Lima - Calle Bolognesi	1,50		1,6
M - 2	Calle A. Ugarte	1,70		1,8
M - 3	Calle Aviación	0,40		---
M - 4	Calle Aviación	1,70		1,8

E. RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 1 **UBICACIÓN :** Chuquibamba - Calle Lima y Calle Bolognesi
PROFUNDIDAD : 1.50 m. **FECHA :** 17/09/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	2647,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	2271,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	376,0	
Peso de la muestra seca	(g)	2271,0	
Contenido de humedad	(%)	16,56	

Contenido de Humedad Promedio (%)	16,56
--	--------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados

F. RESULTADO DE ENSAYOS DE MAXIMA Y MINIMA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 4
PROFUNDIDAD : 1.70 m.
UBICACIÓN : Chuquibamba - Av. Aviación
FECHA : 17/09/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5100,00	5101,00	5098,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	877,00	878,00	875,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	0,936	0,937	0,934

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	0,936 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5381,00	5404,00	5416,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1158,00	1181,00	1193,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,236	1,261	1,273

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,257 g/cm³
--	-------------------------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 2
PROFUNDIDAD : 1.70 m.
UBICACIÓN : Chuquibamba - Calle Ugarte
FECHA : 17/09/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5425,00	5414,00	5411,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1202,00	1191,00	1188,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,283	1,271	1,268

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,274 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5617,00	5613,00	5613,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1394,00	1390,00	1390,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	868,46	854,37	841,29
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,605	1,627	1,652

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,628 g/cm³
--	-------------------------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 3
PROFUNDIDAD : 0.40 m.
UBICACIÓN : Chuquibamba - Av. Aviación
FECHA : 17/09/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5169,00	5158,00	5155,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	946,00	935,00	932,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,010	0,998	0,995

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,001 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5470,00	5486,00	5482,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1247,00	1263,00	1259,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,331	1,348	1,344

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,341 g/cm³
--	-------------------------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 3
PROFUNDIDAD : 0.40 m.
UBICACIÓN : Chuquibamba - Av. Aviación
FECHA : 17/09/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5100,00	5101,00	5098,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	877,00	878,00	875,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	0,936	0,937	0,934

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	0,936 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5381,00	5404,00	5416,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1158,00	1181,00	1193,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,236	1,261	1,273

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,257 g/cm³
--	-------------------------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados

G. RESULTADO DE ENSAYOS GRANULOMETRICO

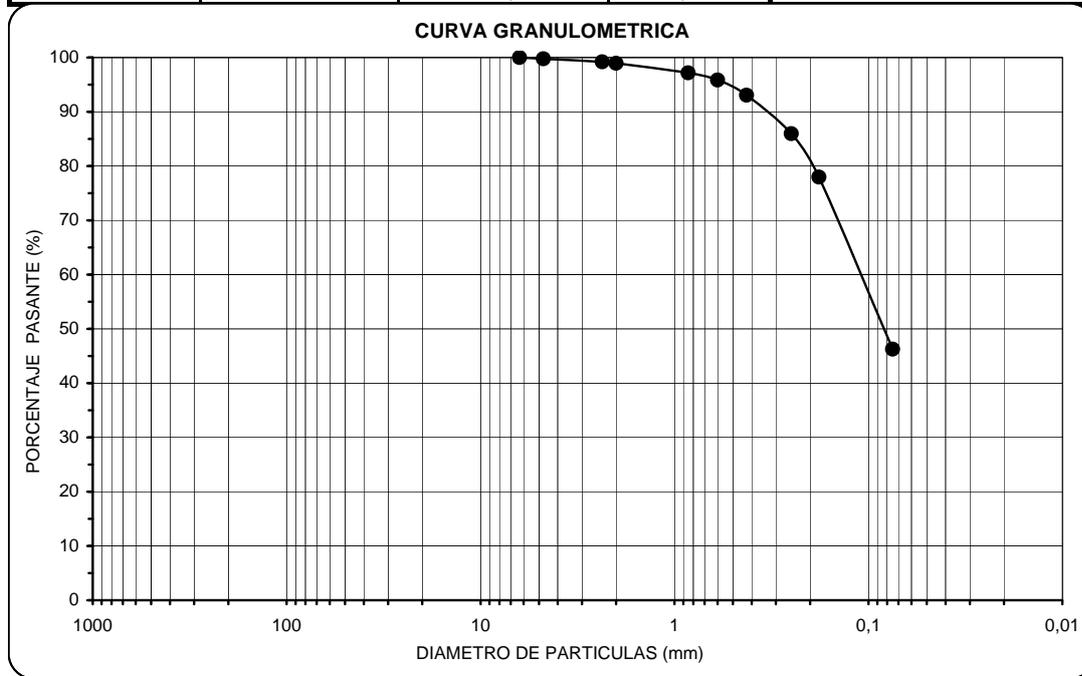


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO
 CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 4
PROFUNDIDAD 1.70 m.

UBICACIÓN : Chuquibamba - Av. Aviación
FECHA : 17/09/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
11/2"	37,5			D ₁₀ 0,033 D ₃₀ 0,050 D ₅₀ 0,084 D ₆₀ 0,109
1"	25,0			
3/4"	19,0			
1/2"	12,5			
3/8"	9,50			
1/4"	6,30		100,00	
N° 4	4,75	0,70	99,77	C _u 3,289
N° 8	2,36	1,70	99,20	C _c 0,693
N° 10	2,00	0,80	98,93	CLASIFICACION SUCS SC ARENA ARCILLOSA
N° 20	0,850	5,30	97,17	
N° 30	0,600	3,90	95,87	
N° 40	0,425	8,40	93,07	
N° 60	0,250	21,30	85,97	
N° 80	0,180	24,00	77,97	
N° 200	0,075	95,10	46,27	
BANDEJA		138,80	0,00	



OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

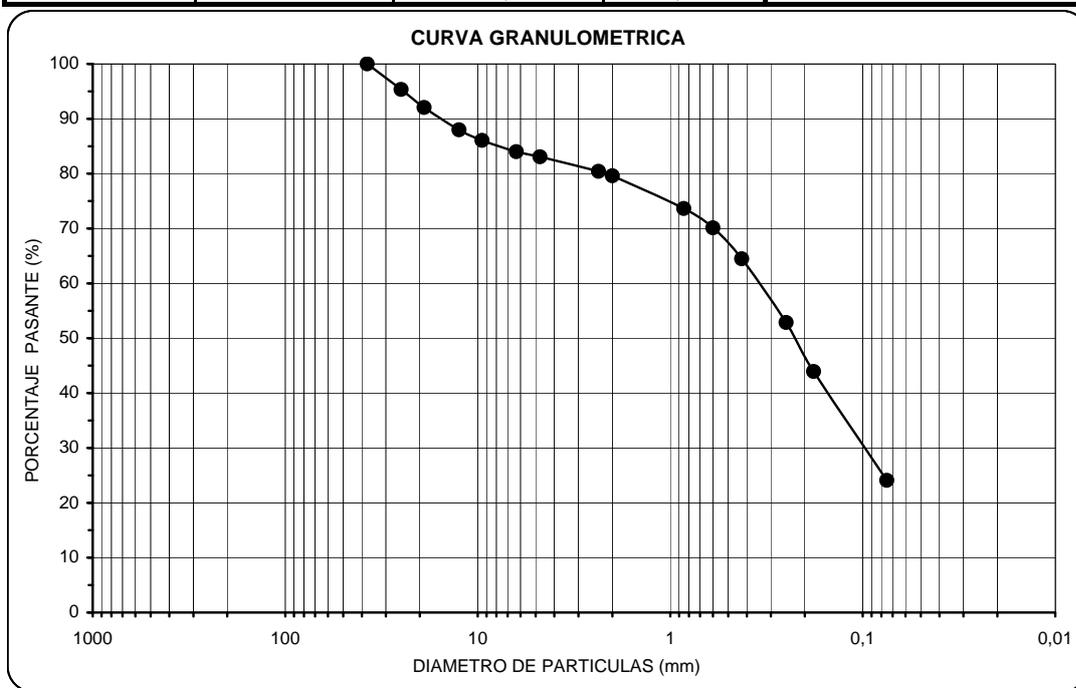
MUESTRA : M - 3

PROFUNDIDAD 0.40 m.

UBICACIÓN : Chuquibamba - Av. Aviación

FECHA : 17/09/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
11/2"	37,5		100,00	D ₁₀ 0,040 D ₃₀ 0,097 D ₅₀ 0,227 D ₆₀ 0,345 C _u 8,710 C _c 0,689
1"	25,0	23,00	95,35	
3/4"	19,0	16,30	92,06	
1/2"	12,5	20,10	87,99	
3/8"	9,50	9,50	86,07	
1/4"	6,30	10,30	83,99	
N° 4	4,75	4,56	83,07	
N° 8	2,36	13,10	80,42	
N° 10	2,00	4,00	79,61	
N° 20	0,850	29,60	73,63	
				CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	17,40	70,11	SC
N° 40	0,425	27,90	64,48	
N° 60	0,250	57,40	52,87	
N° 80	0,180	44,20	43,94	
N° 200	0,075	98,20	24,09	
BANDEJA		119,20	0,00	



OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

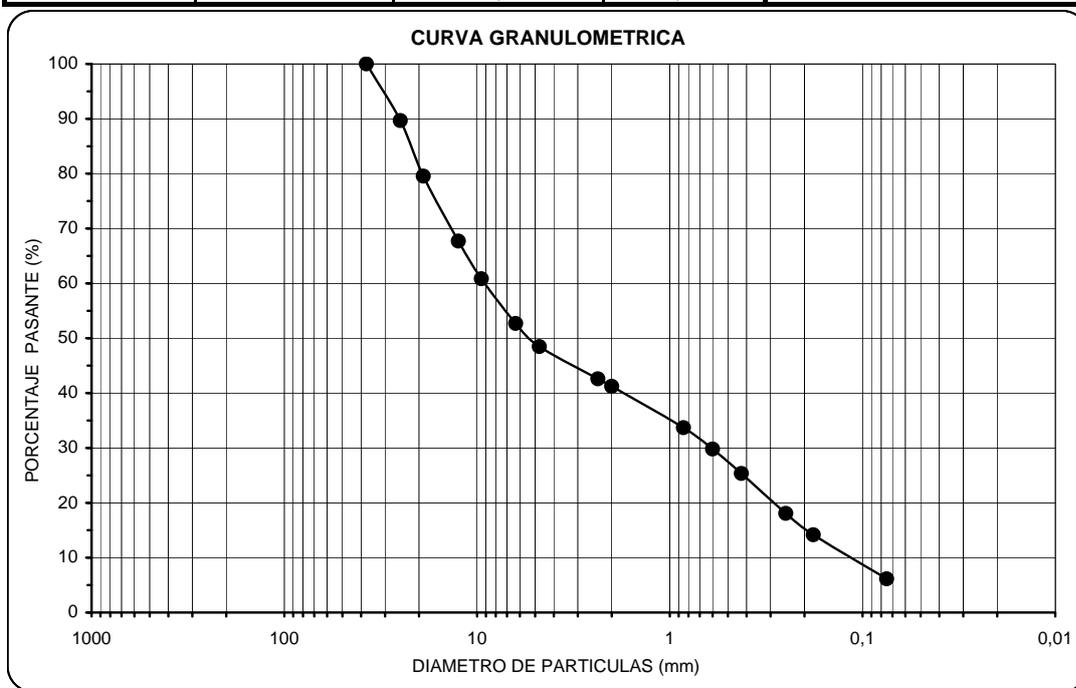
MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD 1.70 m.

UBICACIÓN : Chuquibamba - Calle Ugarte

FECHA : 17/09/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
11/2"	37,5		100,00	D ₁₀ 0,113 D ₃₀ 0,614 D ₅₀ 5,445 D ₆₀ 9,162 C _u 81,096 C _c 0,364
1"	25,0	179,10	89,67	
3/4"	19,0	175,30	79,55	
1/2"	12,5	205,30	67,70	
3/8"	9,50	119,10	60,83	
1/4"	6,30	140,90	52,70	
N° 4	4,75	73,50	48,46	
N° 8	2,36	60,30	42,59	
N° 10	2,00	14,10	41,22	
N° 20	0,850	77,40	33,68	
N° 30	0,600	39,80	29,80	CLASIFICACION SUCS
N° 40	0,425	45,80	25,34	
N° 60	0,250	74,70	18,07	
N° 80	0,180	40,20	14,16	
N° 200	0,075	82,30	6,14	
BADEJA		63,10	0,00	



OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



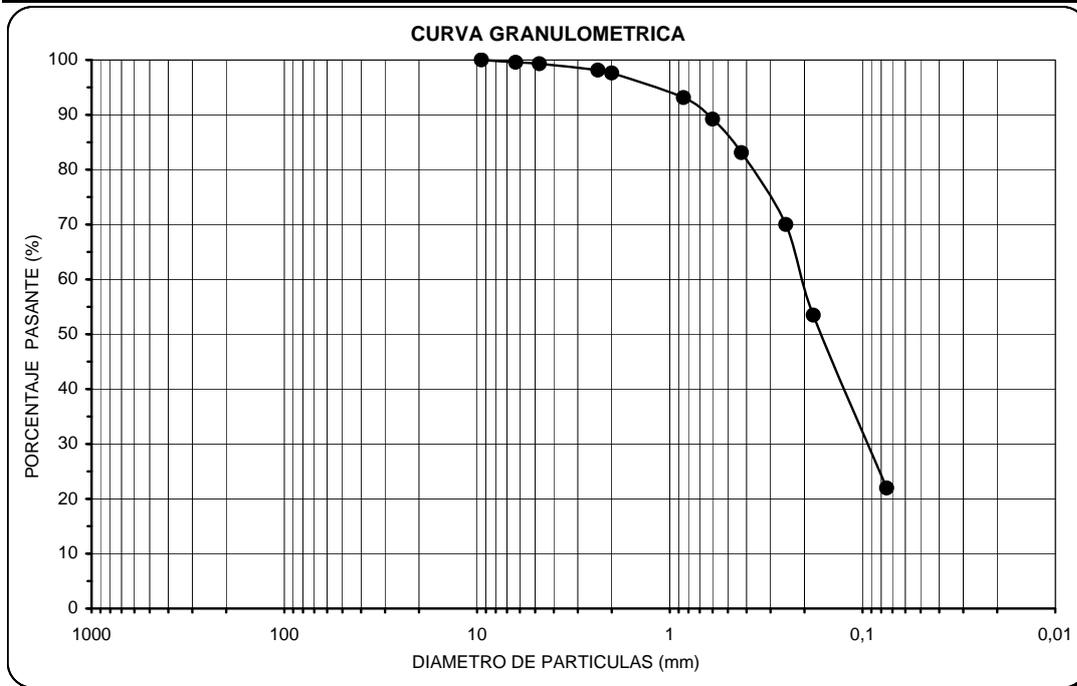
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : M - 1 **UBICACIÓN :** Chuquibamba - Calle Lima y Calle Bologne
PROFUNDIDAD 1.50 m. **FECHA :** 17/09/2001

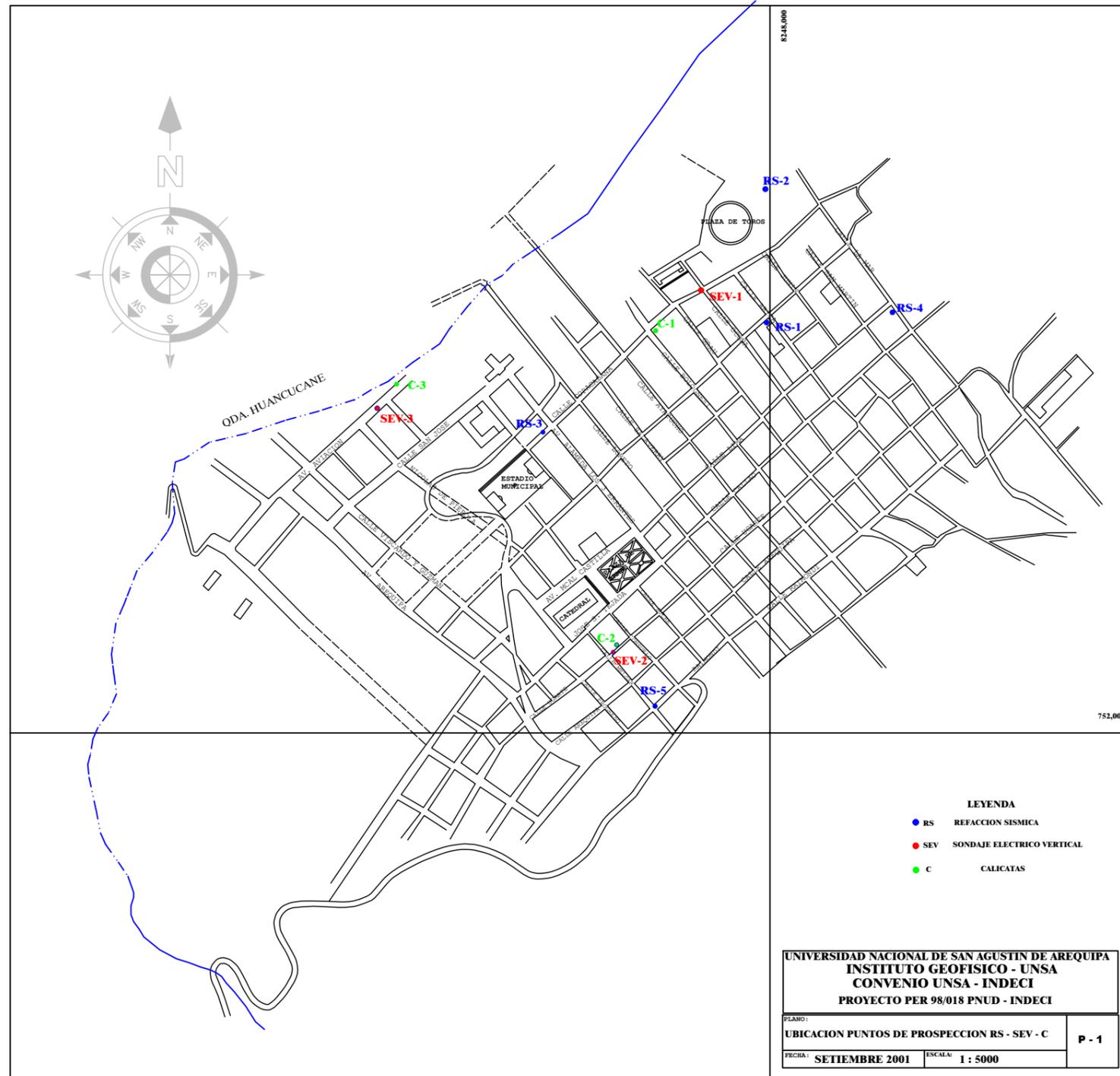
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
11/2"	37,5			D ₁₀ 0,055 D ₃₀ 0,095 D ₅₀ 0,165 D ₆₀ 0,206
1"	25,0			
3/4"	19,0			
1/2"	12,5			
3/8"	9,50		100,00	
1/4"	6,30	2,20	99,56	
N° 4	4,75	1,30	99,30	C _u 3,724
N° 8	2,36	5,70	98,15	C _c 0,789
N° 10	2,00	2,70	97,61	CLASIFICACION SUCS SC ARENA ARCILLOSA
N° 20	0,850	22,30	93,13	
N° 30	0,600	19,50	89,21	
N° 40	0,425	30,50	83,08	
N° 60	0,250	65,10	70,00	
N° 80	0,180	82,30	53,47	
N° 200	0,075	156,80	21,96	
BANDEJA		109,30	0,00	

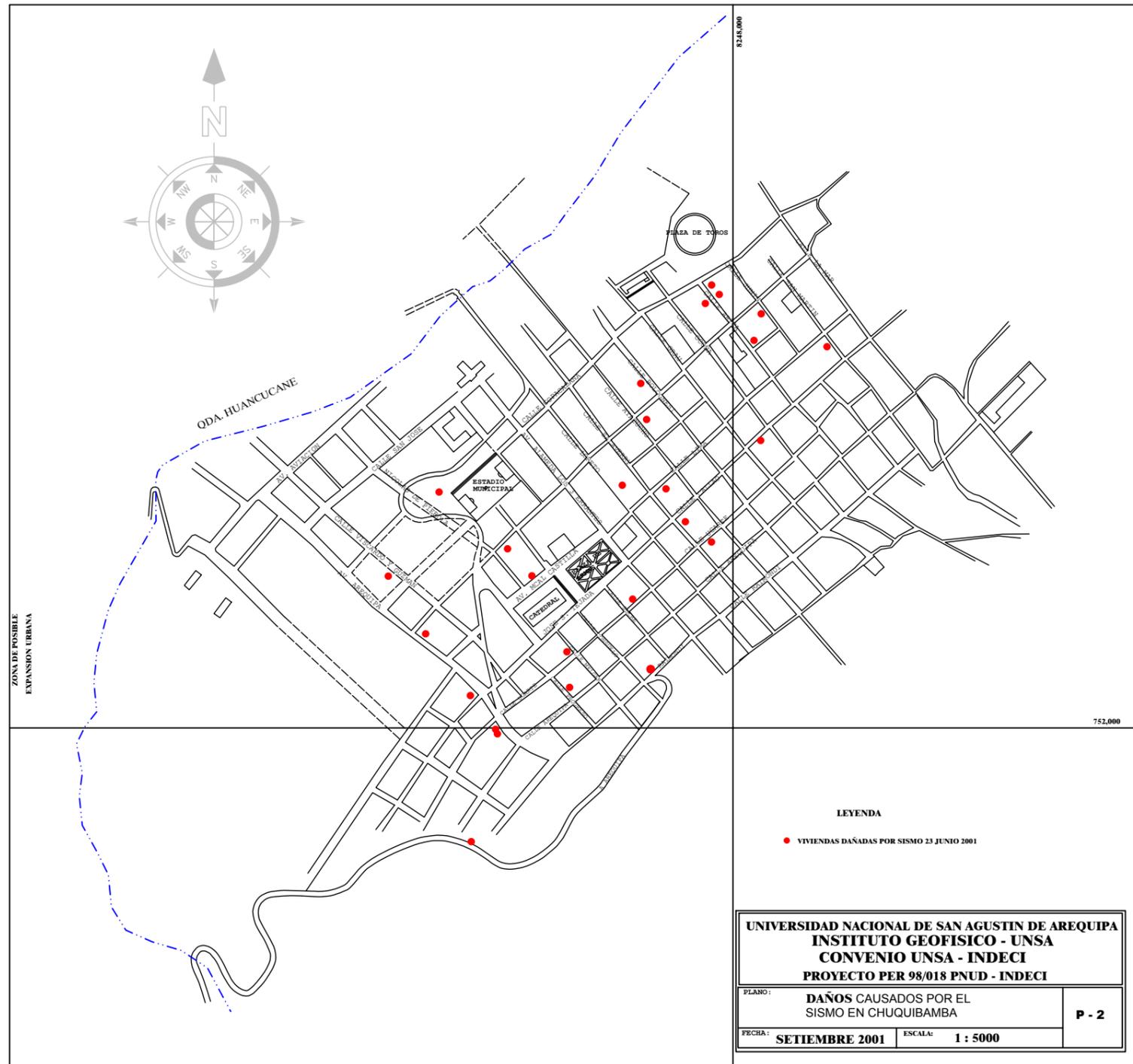


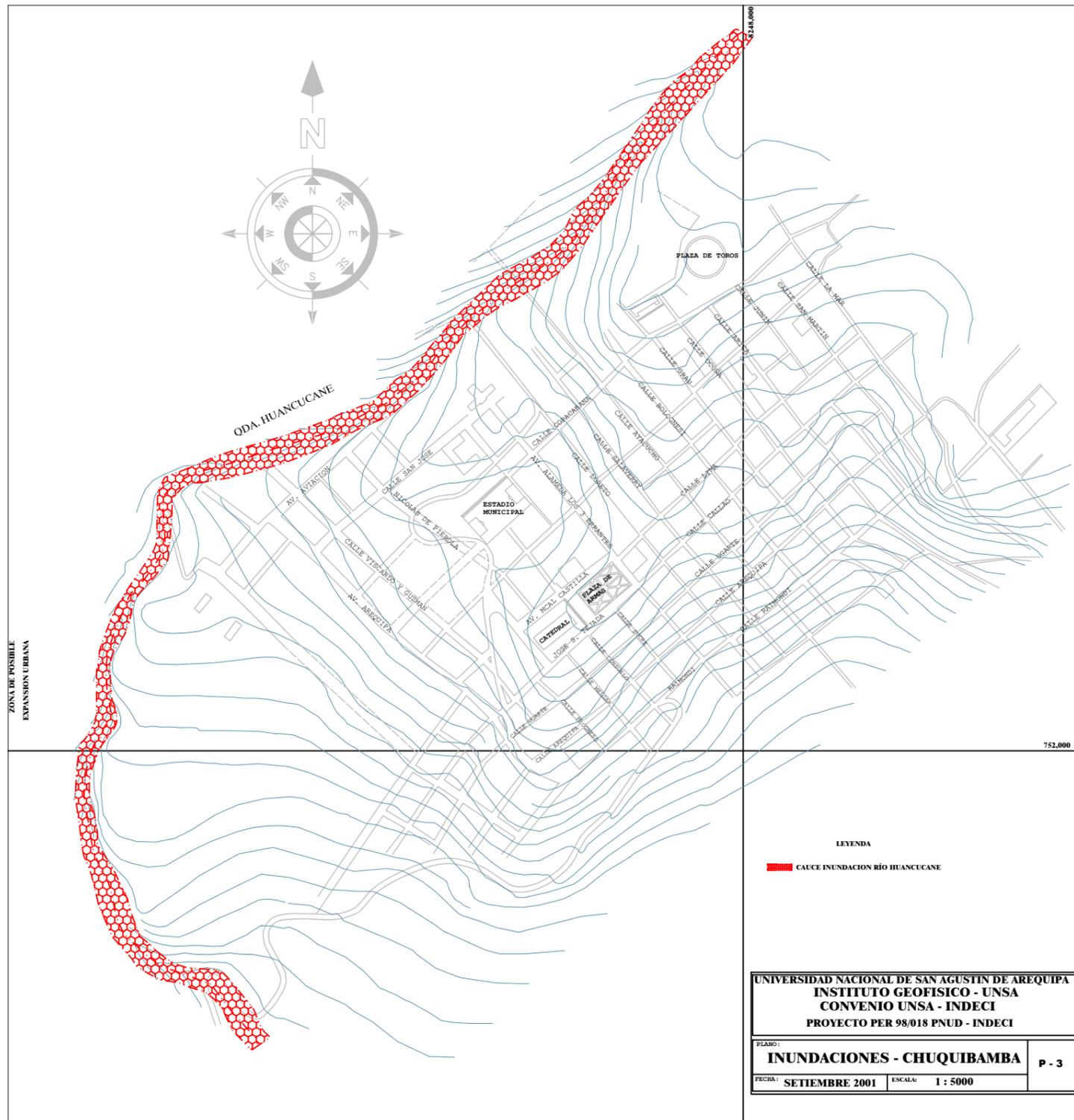
OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados

H. LISTADO DE PLANOS

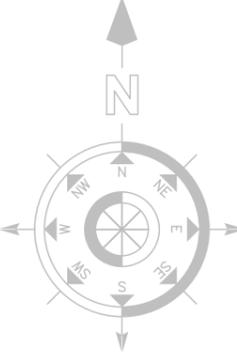
1. Plano de ubicación (Refracción Sísmica, Sondajes Eléctricos y Calicatas)
2. Plano por Peligro de Pendientes
3. Plano de daños causados por el sismo
4. Plano de inundaciones
5. Plano geotécnico
6. Plano de zonificación de peligros







ZONA DE POSIBLE
EXPANSION URBANA



ODA. HUANCUCANE

PLAZA DE TOROS

ESTADIO MUNICIPAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA - INDECI

PROYECTO PER 98/018 PNUD - INDECI

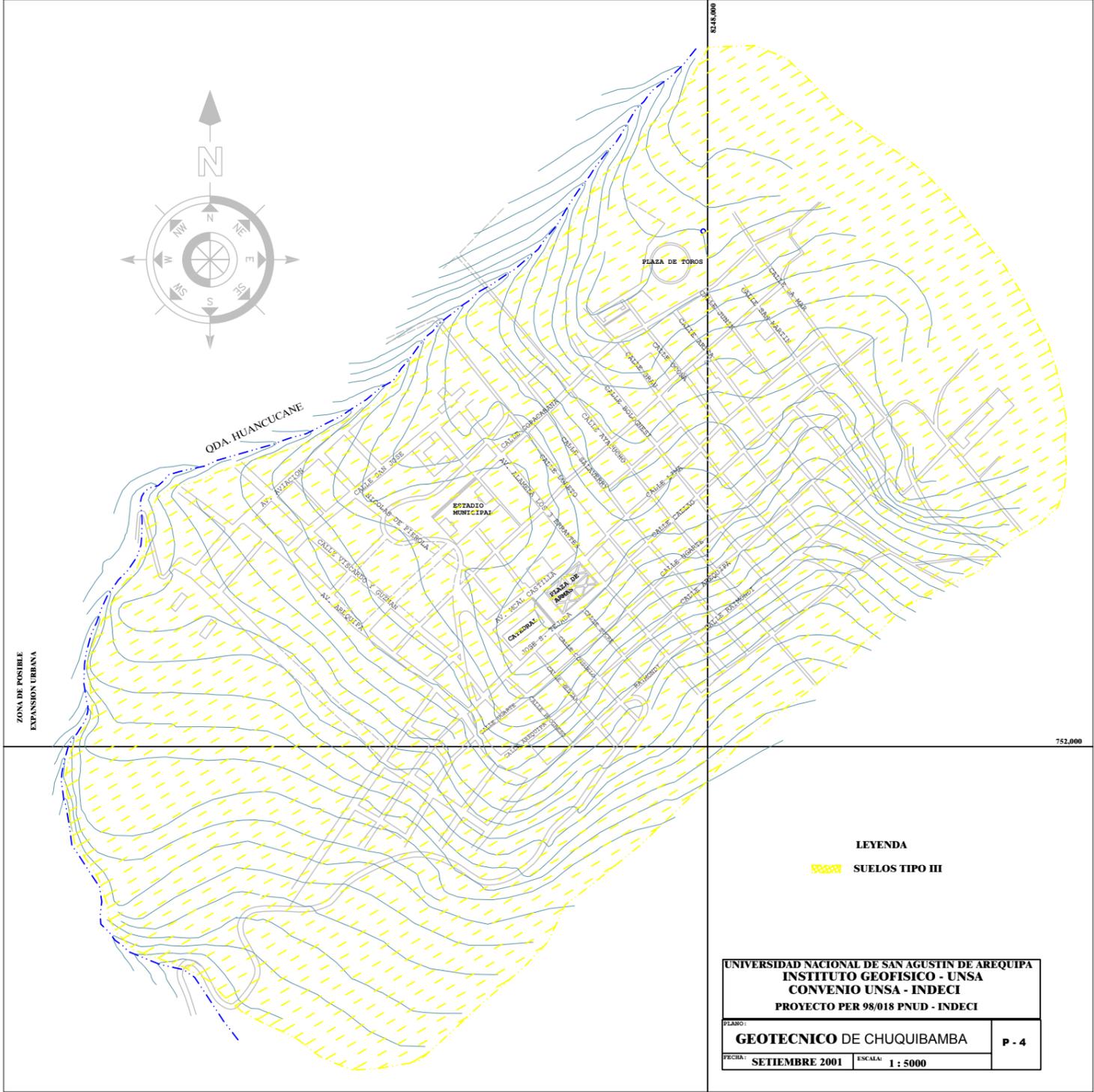
752.000

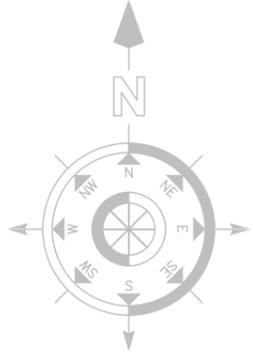
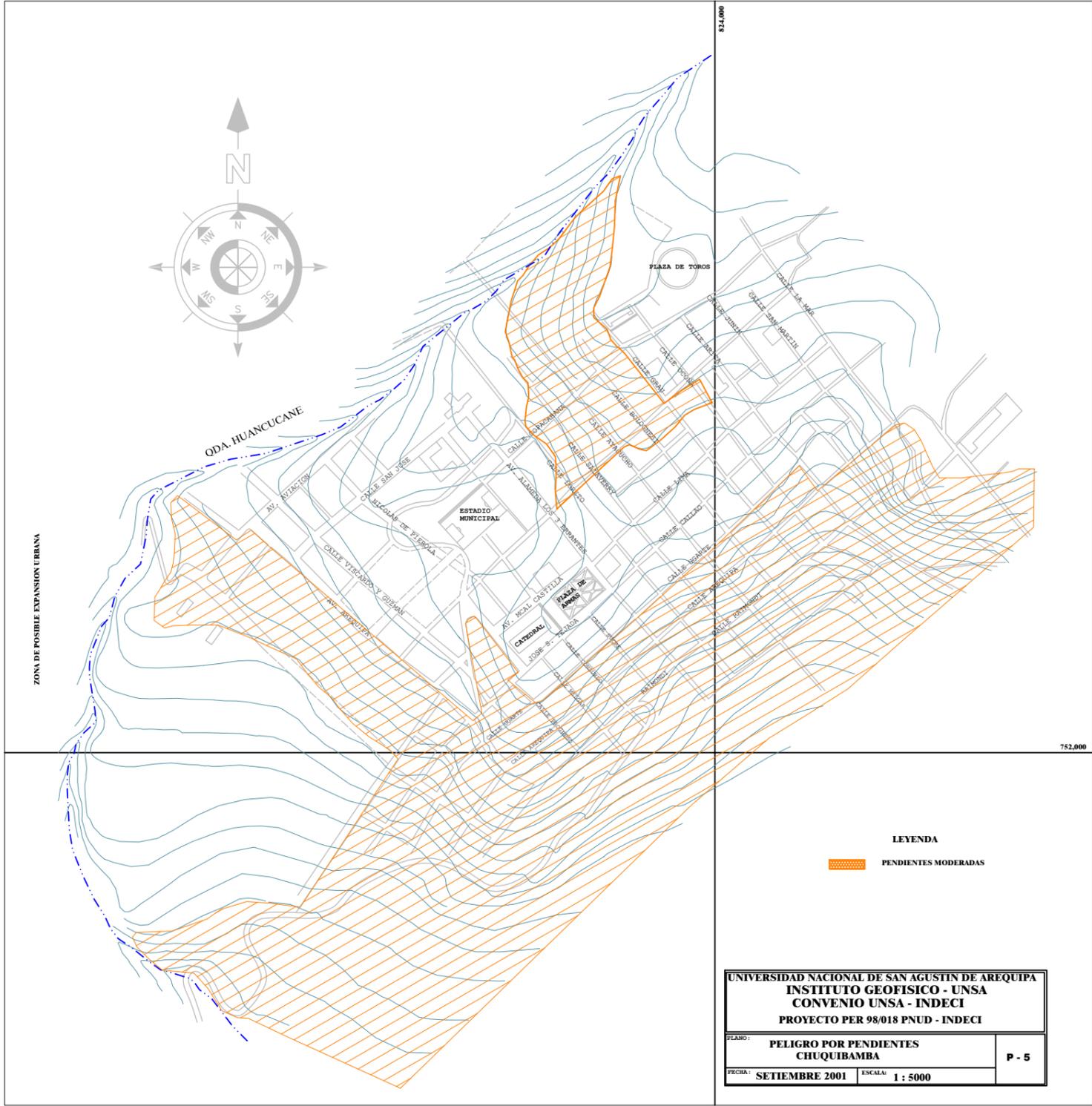
LEYENDA

CAUCE INUNDACION RIO HUANCUCANE

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

PLANO:	INUNDACIONES - CHUQUIBAMBA		P - 3
FECHA:	SEPTIEMBRE 2001	ESCALA: 1 : 5000	



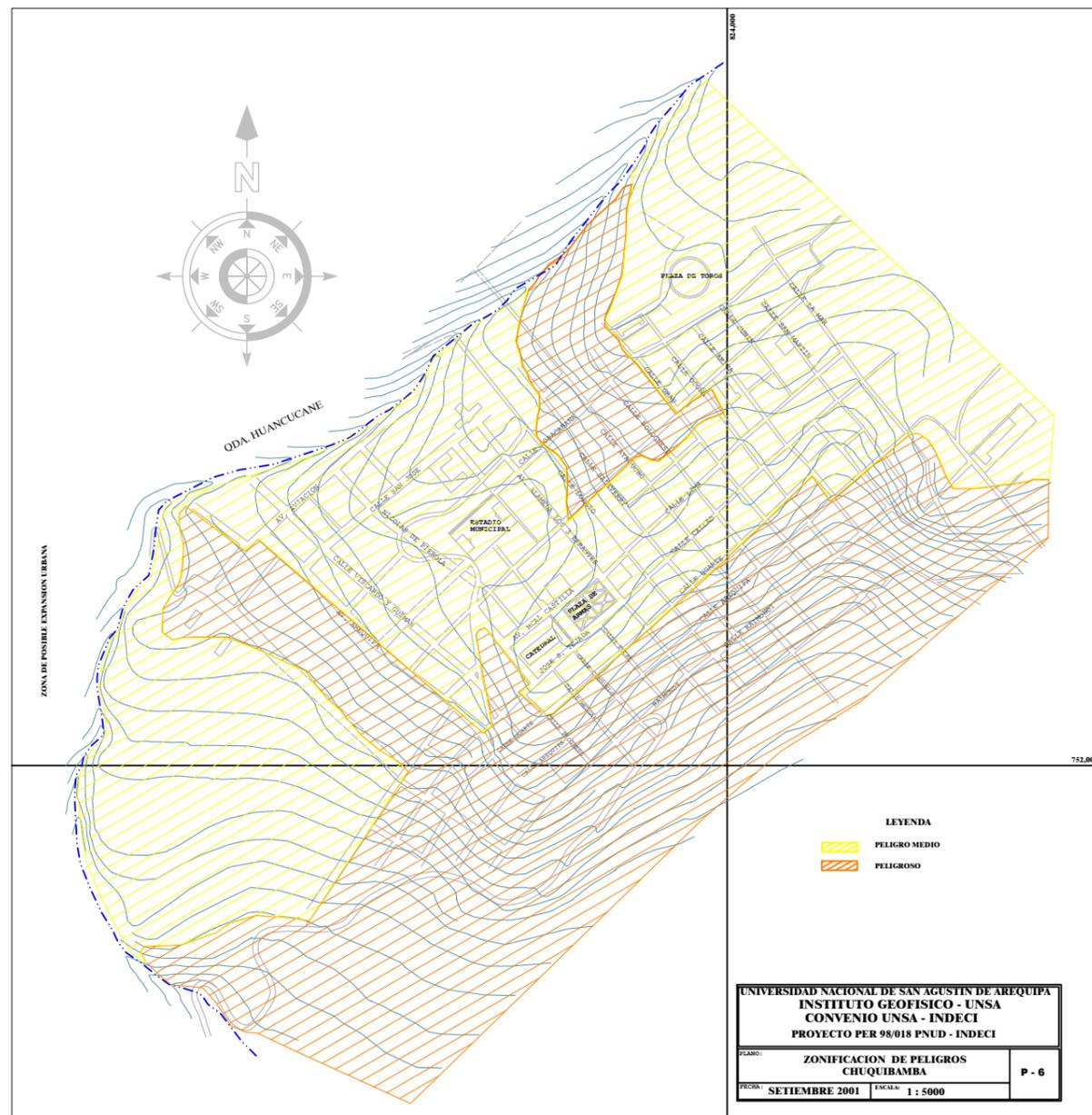


ZONA DE POSIBLE EXPANSION URBANA

LEYENDA
 PENDIENTES MODERADAS

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

PLANO: PELIGRO POR PENDIENTES CHUQUIBAMBA	P - 5
FECHA: SEPTIEMBRE 2001 ESCALA: 1 : 5000	



ZONA DE POSIBLE EXPANSION URBANA

ODA HUANCUCANE

RILUHO

PLAZA DE TOROS

MUNICIPALIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA - INDECI

PROYECTO PER 98/018 PNUD - INDECI

752,000

- LEYENDA**
- PELIGRO MEDIO
 - PELIGROSO

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

PLANO:	ZONIFICACION DE PELIGROS CHUQUIBAMBA	P - 6
FECHA:	SEPTIEMBRE 2001	ESCALA: 1 : 5000