

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS  
EDIFICACIONES EN LOS DEPARTAMENTOS DE  
MOQUEGUA Y TACNA.**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de  
INGENIERO CIVIL**

**LUIS FERNANDO LAZARES LA ROSA**

**LIMA - PERU  
1994**

# SUMARIO

La presente tesis titulada "Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en los Departamentos de Moquegua y Tacna", ha sido auspiciada por el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas con sede en Ginebra-Suiza (UNDHA-Geneva) y el Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú (INDECI); contándose con el apoyo técnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) a través del Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres (DPMD), instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Es objetivo de este trabajo determinar las áreas de mayor vulnerabilidad y riesgo sísmico ante la ocurrencia de un probable sismo de magnitud 8 en la zona fronteriza Perú-Chile, conocida también como zona de Silencio o Brecha Sísmica, debido a que no se han producido sismos de gran magnitud en más de 100 años, siendo los últimos ocurridos en los años 1 868 y 1 877 ambos de magnitud 8.5, los cuales ocasionaron grandes pérdidas materiales y humanas; por lo que de ocurrir en la actualidad un sismo de la misma magnitud los daños serían mucho mas considerables debido a la existencia de mayor población y obras civiles de importancia. Esta zona es potencialmente sísmica como consecuencia del fenómeno de subducción entre las placas de Nazca y la Sudamericana.

Para determinar las áreas de mayor riesgo sísmico, se ha obtenido la vulnerabilidad de las edificaciones teniendo en cuenta su grado de resistencia sísmica determinado por el sistema estructural y material de construcción empleado, la vulnerabilidad encontrada se correlaciona con la intensidad sísmica probable esperada que depende de las características locales de cada ciudad que son el tipo de suelo, geología y topografía, dicho resultado es lo que se conoce como riesgo sísmico.

El Departamento de Moquegua se localiza en el sur del territorio nacional . Su ámbito comprende zonas costeras y andinas, tiene una superficie de 15 733.97 Km<sup>2</sup>. Su capital es la ciudad de Moquegua, en el piedemonte andino, conserva mucho de sus construcciones coloniales y es un apacible centro urbano. Sus límites

son : por el Norte con Puno, al Este con Tacna, al Sur con Tacna y el Pacífico y al Oeste con Arequipa. La topografía de su territorio es variada. Una estrecha franja costanera se localiza entre la llamada Cordillera de la Costa y el litoral marino. El clima es variado y de acuerdo a la altitud. En la Costa es templado y húmedo con muy escasas precipitaciones; en las regiones interandinas el clima es templado árido. Su población es de 126 249 hab. (INEI 1993).

El Departamento de Tacna está en el Sur del Perú, siendo sus límites por el Sur con Chile, por el Norte con el Departamento de Moquegua, por el Este con el Departamento de Puno y Bolivia y por el Oeste con el Océano Pacífico. Tiene una superficie de 16 062.62 Km<sup>2</sup> , con una población de 215 653 hab. (INEI 1993). Su capital es la ciudad de Tacna. Tiene el título de Ciudad Heróica por el desempeño durante la época emancipadora del coloniaje español y en la guerra del Pacífico.

Para el presente estudio, se han elegido las ciudades de Ilo y Moquegua en el departamento de Moquegua, la ciudad de Tacna y el Balneario de Boca del Rio en el departamento de Tacna. Se han elegido estas ciudades debido a que son las de mayor importancia por contar con una creciente población y mayor expansión urbana, además de haber sido históricamente las más afectadas por los sismos ocurridos en dicha zona.

La ciudad de Moquegua se ubica a la margen derecha del Rio Tumilaca. Se ubica a 1 410 m.s.n.m., cuenta con una población de 34,871 hab. (INEI 1993). Se asienta sobre una plataforma descendente de Sur a Norte que presenta tres planos de diferente declive a partir de las estribaciones de los cerros que forman el valle ubicado hacia el Sur. El primero se extiende paralelamente y a lo largo del Rio Tumilaca, es relativamente plano, en la zona adyacente al área central de Moquegua se han asentado Urbanizaciones residenciales, equipamientos urbanos así como instalaciones militares. El segundo plano se desarrolla a partir del cambio de nivel que se produce a la altura de la Av. Balta y la carretera a Samegua desde el cual se desarrolla hacia el Sur con una pendiente relativamente suave (12 % de declive). En este plano se encuentra el Asentamiento Humano más antiguo de la ciudad conocida como Zona Monumental de Moquegua en la que mayoritariamente las viviendas son de adobe con una antigüedad mayor de 100 años. Finalmente el tercer plano está conformado por declives ubicados hacia el Sur con pendientes mayores del 20% hasta llegar a las estribaciones de los cerros que enmarcan el valle en este territorio, aquí se ubican los Asentamientos Humanos Marginales como San Francisco, El Siglo y Mariscal Nieto, presenta una

topografía ondulada y carentes de vegetación, la mayoría de viviendas son de adobe con una antigüedad promedio de 25 años.

La ciudad de Ilo, capital de la provincia del mismo nombre, está compuesta por los distritos de Ilo y Pacocha (Ciudad Nueva) cuenta con una población de 50 952 hab (INEI 1993), se ubica a 15 m.s.n.m. El área donde se asienta está constituida por una franja paralela a la línea de playa, cuyo suelo está constituido por un manto superficial de depósitos pluviales y aluviales y debajo de este manto se encuentra roca que aflora en la desembocadura del Río Osmore en contacto con la línea de playa. La ciudad se halla limitada al Este por una muralla natural que en su parte alta marca el inicio de una plataforma denominada Pampa Inalámbrica situada a una cota promedio de 120 m.s.n.m.. En el talud de esta muralla se ubican la mayoría de pueblos jóvenes como Miramar, John F. Kennedy, Nylon San Pedro, etc., en todas ellas predominan las edificaciones de albañilería confinada usándose las bloquetas y ladrillos de concreto como unidades de albañilería, éstas son fabricadas artesanalmente, las edificaciones han sido autoconstruidas no contando con dirección técnica especializada por lo cual el concreto empleado es de regular calidad. El Casco Urbano se ubica al centro del área urbana del distrito de Ilo, al Oeste de la línea férrea que lo limita, esta área es conformada por las edificaciones que comprenden el núcleo central de la ciudad, es decir el área inicial alrededor de la cual se fue irradiando la ciudad y a la que se fueron sumando las urbanizaciones y conjuntos residenciales. Dentro de este casco se encuentra lo que se ha denominado el Casco Antiguo donde existen viviendas de adobe, quincha y madera con una antigüedad mayor de 100 años, las cuales con el transcurrir del tiempo están siendo reemplazadas por viviendas de albañilería confinada y edificaciones modernas de concreto armado. En la parte Norte de la ciudad se halla la desembocadura del Río Osmore que sirve de límite entre los distritos de Ilo y Pacocha, en sus inmediaciones aprovechando que el relieve topográfico es plano se han ubicado algunos núcleos de viviendas llamados Patillos y San Jerónimo a pesar que esta zona es proclive a inundaciones por las marejadas o eventuales crecidas del Río. En la margen derecha del Río Osmore se ubica Ciudad Nueva cuya población está integrada por trabajadores de la S.P.C.C., las edificaciones existentes son en su mayoría viviendas multifamiliares construidas con elementos pre-fabricados de concreto armado; tienen una antigüedad promedio de 25 años.

La ciudad de Tacna se encuentra asentada en el valle del Río Caplina, entre los cerros Intiorko al Nor-Oeste y Arunta al Sur-Este. se encuentra a 562 m.s.n.m. El suelo está constituido por conglomerados arenosos y arcillas inconsolidadas que se intercalan irregularmente, estos depósitos constituyen el cono de deyección del

Río Caplina y de sus tributarios. Los depósitos aluviales constituyen en forma general el suelo de la zona urbana de la ciudad de Tacna, considerado en forma general como buen suelo para las construcciones a excepción de las capas variables de suelo arcilloso y arenoso que comprometen al diseño de cimentación de construcciones de edificaciones. La ciudad de Tacna está en constante transformación debido a un mayor crecimiento poblacional producto de las constantes migraciones procedentes de las mismas provincias del Departamento, del Departamento de Puno y de otras ciudades; la población actual es de 178 680 hab. (INEI 1 993) y está comprendida por los distritos de Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay. En el Distrito de Tacna se ubica el casco urbano tradicional dentro del cual se encuentra el casco antiguo en el que se encuentran edificaciones de adobe con una antigüedad mayor de 100 años, en su alrededor se han ubicado urbanizaciones y asentamientos residenciales en las cuales las viviendas son de albañilería confinada, hacia el Sur-Oeste del casco urbano se encuentran los Centros Poblados Menores Leguía, Para Grande y Para Chico, en los cuales las edificaciones en su mayoría son construidas de albañilería confinada usando como unidad la bloqueta y ladrillo de concreto fabricados en forma artesanal, siendo en gran número autoconstruidas sin ninguna asesoría técnica. Hacia el Sur del casco urbano, se encuentra la zona de expansión de la ciudad llamada Cono Sur la cual se encuentra en pleno proceso de consolidación, se ubican edificaciones de albañilería confinada construidas por ENACE utilizándose como unidad el ladrillo de arcilla. En el Nor-Oeste del Casco Urbano se encuentran los distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva ambos de características similares en lo que se refiere al suelo, de tipo arena tufacea y volcánico huaylillas, y tipo de vivienda, de albañilería confinada con unidades de bloquetas y ladrillos de concreto fabricados artesanalmente, siendo la mayoría autoconstruidas sin asesoría técnica. Al Nor-Este se ubica el Distrito de Pocollay, en la que las viviendas son de adobe de más de 100 años de antigüedad. Al Este se ubica el Centro poblado Menor La Natividad donde las viviendas son de adobe de 25 años de antigüedad.

El Balneario de Boca del Río se ubica a 41 Km. de la ciudad de Tacna, presenta una topografía relativamente plana con una pendiente promedio de 1.8% sin accidentes geográficos, encontrándose entre cerros y el mar. La población en su mayoría es de nivel socio económico medio, debido a que es una zona de veraneo y su uso es más frecuente durante dicho período, la población es de 250 Hab. alcanzando a una población flotante de 15 000 hab. en los meses de verano. Las viviendas son de albañilería sin confinar siendo la unidad la bloqueta de concreto

fabricada artesanalmente, de mala calidad ya que el agregado empleado contiene sales, el techo es de tipo flexible con planchas onduladas de asbesto-cemento.

Para obtener la vulnerabilidad sísmica en cada ciudad, se han clasificado las edificaciones según su grado de resistencia sísmica, para ello se tomaron muestras estadísticas en base a encuestas en las que se evaluaban el sistema estructural y material de construcción empleado en la edificación. Los resultados clasificaban a las construcciones en cuatro tipos: Tipo 1: Sísmicamente Muy Débil, Tipo 2: Sísmicamente Débil, Tipo 3: Sísmicamente Semi-resistente y Tipo 4: Sísmicamente Resistente.

De acuerdo a la clasificación realizada de las edificaciones según su grado de resistencia sísmica se han obtenido los siguientes resultados:

En la ciudad de Ilo, se encuentran edificaciones Sísmicamente Débiles, en el casco urbano del distrito de Ilo, son construcciones de madera y quincha deteriorados por el tiempo, también se encuentran edificaciones Sísmicamente muy débiles, construcciones de adobe y viviendas provisionales cuyos muros y techos son de esteras, madera, planchas onduladas de zinc o asbesto cemento, sin ningún soporte estructural, este tipo de edificaciones están siendo reemplazadas por edificaciones Sísmicamente Resistentes. En los pueblos jóvenes predominan las construcciones Sísmicamente Semi-resistentes, edificaciones autoconstruidas de albañilería con y sin confinar que utilizan como unidad de albañilería el ladrillo o la bloqueta de concreto la cual es fabricada artesanalmente; también se encuentran en los pueblos jóvenes construcciones Sísmicamente muy débiles que son viviendas provisionales. En el distrito de Pacocha (Ciudad Nueva) las edificaciones son del tipo Sísmicamente Resistentes ya que han sido construidas con elementos pre-fabricados de concreto reforzado. En la ciudad de Ilo consideramos sectores con Vulnerabilidad Alta, Media y Baja, predominando la Vulnerabilidad Media.

En la ciudad de Moquegua, las edificaciones Sísmicamente muy débiles son las que predominan, tanto en la zona monumental (zona antigua de la ciudad) como en los pueblos jóvenes, las construcciones son de Adobe, material que no ofrece resistencia ante un sismo. Se considera para esta ciudad sectores con Vulnerabilidad Alta y Baja, prevaleciendo notoriamente la Vulnerabilidad Alta.

Para la ciudad de Tacna, se encontraron en el distrito de Tacna, en la zona del casco urbano y el C.P.M. La Natividad, edificaciones Sísmicamente Muy Débiles construidos con Adobe; forma similar se observa en el distrito de Pocollay. En los

distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, predominan las edificaciones Sísmicamente Débiles y Sísmicamente Semi-resistentes, en ambos se ha utilizado la bloqueta y ladrillo de concreto fabricado artesanalmente como unidad de albañilería. en la primera se observa que se han utilizado columnas para amarrar los muros sobre los cuales se ha colocado como techo cobertura de planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc apoyados sobre vigas de madera, sin viga collar y en la segunda se ha utilizado el techo rígido compuesto de bloquetas de concreto y concreto reforzado. Se considera para esta ciudad sectores con Vulnerabilidad Alta, Media y Baja predominando los sectores con Vulnerabilidad Alta y Media.

En el Balneario de Boca del Rio, se encontró edificaciones Sísmicamente Débiles, construido con bloquetas de concreto fabricados artesanalmente, sin columnas ni viga collar con techo flexible de cobertura de planchas onduladas de asbesto-cemento. Se considera Vulnerabilidad Alta.

De acuerdo al tipo de suelo, geología y topografía encontrado en cada ciudad, de ocurrir un sismo de magnitud 8 en la zona conocida como Silencio o Brecha Sísmica, se esperan las siguientes intensidades sísmicas probables:

*Ciudad de Ilo*, INTENSIDAD VII+ para el distrito de Ilo en la zona del Casco Urbano Central y el talud de la muralla natural, y en el distrito de Pacocha la zona de Ciudad Nueva, por ser el suelo macizo rocoso de tipo diorita hornbléndica, cubierto parcialmente con una capa superficial de depósitos de terrazas marinas y detritus de talud de 0.5 a 1 m. INTENSIDAD VIII, en la desembocadura del Rio Osmore donde el suelo es de tipo intermedio, arena con presencia de conglomerados sueltos. En toda la ciudad se presenta una fuerte pendiente en forma perpendicular a la línea de playa.

*Ciudad de Moquegua*, INTENSIDAD VII, en la zona considerada como primer plano, por estar en el margen del rio Osmore se encuentran depósitos de gravas. Tiene una topografía llana. INTENSIDAD VIII, en la zonas de segundo y tercer plano, tipo de suelo intermedio, secuencia de areniscas arcósicas a tufáceas que alternan en forma casi regular con areniscas arcillosas y arcillas. Estos dos planos tienen una fuerte pendiente.

*Ciudad de Tacna*, INTENSIDAD VII en el distrito de Tacna, zona del Cono Sur, La Natividad y parte de los pueblos jóvenes Augusto B. Leguía, Para Grande, Para

Chico; suelo formado por un relleno superficial de tierra de cultivos, arenas, arcillas, limos orgánicos, pudiendo ser cualquiera conformando una potencia no mayor de 0.50 m. debajo del cual se encuentra un estrato de suelo granular de espesor indeterminado, topografía llana. INTENSIDAD VIII, distrito de Tacna, zona del casco urbano, incluido el casco antiguo, zona de urbanizaciones alrededor del casco urbano, se encuentra un estrato superficial de relleno de tierra de cultivo, arenas, arcillas, limos orgánicos, relleno artificial, arcilla limosa, arenas con lentes de limo y/o arcilla, pudiendo ser cualquiera con un intervalo de potencia de 0.5 m., 0.50 a 1.50 m. y 1.50 a 3.0 m., a continuación se encuentra un estrato de suelo granular. Tiene una topografía llana. INTENSIDAD IX, distritos de Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay, estrato superficial de relleno, arenas, arcillas, grava pobremente graduada, arena arcillosa, pudiendo ser cualquiera con un intervalo de potencia de 0.50 m. y 0.50 a 3.0 m. debajo del cual se encuentra la Toba Volcánica con una potencia indeterminada, topografía regular excepto la zona correspondiente a las faldas del cerro Intiorko donde la pendiente es fuerte.

*Balneario de Boca del Rio*, INTENSIDAD VII+, macizo rocoso que consiste de derrames y piroplásticos de composición predominante andesítica, que inclusive aflora en diversas partes del balneario, está cubierto por un pequeño manto de arena de aproximadamente 0.50 m. a 1.0 m.

Al superponer los efectos de probable intensidad sísmica y vulnerabilidad de las edificaciones, se obtienen las áreas de riesgo sísmico en cada ciudad. Para la ciudad de Ilo predomina el **Riesgo Medio**; en la ciudad de Moquegua predomina el **Riesgo Alto**; **Riesgo Alto y Medio** en la ciudad de Tacna y en el Balneario de Boca del Rio **Riesgo Medio**.

Las edificaciones **Sísmicamente Muy Débiles**, cuyos muros están conformados por unidades de adobe deberán ser reforzadas mediante una **viga collar continua** colocada a nivel de dintel y de manera corrida sobre todos los muros, esta viga puede ser de madera (dos elementos horizontales unidos por elementos transversales a manera de estribos, tipo escalera echada) o de concreto reforzado. Las de tipo **Sísmicamente Débil**, para las construcciones de quincha y madera deterioradas por el tiempo, se deberán reemplazar los elementos dañados por nuevos tratados con preservantes, evitando que estén en contacto con suelo húmedo; en las construcciones de muros de albañilería de ladrillos o bloquetas de concreto con techo ligero de planchas onduladas de zinc ó asbesto cemento se



deberán reforzar con la viga collar continua de concreto reforzado de tal manera que evite que los muros vibren como borde libre. Las edificaciones **Sísmicamente Semi-resistentes** tienen como defecto que han utilizado como unidad de albañilería los ladrillos o bloquetas de concreto fabricados artesanalmente sin control de calidad que verifique que cumple con los requisitos de reglamento, a simple vista presentan fallas como agregados inadecuados, mezcla deleznable, baja mano de obra, etc., lo que le resta resistencia frente a efectos de corte y flexión en muros de albañilería confinada; las columnas, vigas y techo aligerado de concreto reforzado presentan cangrejas que disminuyen la resistencia de estos elementos; también se observa una baja distribución de densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada, este tipo de edificación ofrecerá una resistencia mayor que las tipo 1 y 2 pero sin alcanzar a la tipo 4 que son **Sísmicamente Resistentes**.

El estudio de la Vulnerabilidad de las Edificaciones nos da como resultado general que en el Sur de nuestro país predominan las construcciones antiguas de adobe, quincha y madera, las cuales por el paso del tiempo se encuentran en mal estado. éstas están ubicadas en el casco urbano central de las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna. Estas edificaciones tienen una vulnerabilidad muy alta ya que por su antigüedad (más de 100 años) presentan rajaduras, habiendo cumplido con creces su vida útil.

Debido al crecimiento de la población sobre todo por las constantes inmigraciones incontrolables, se han formado asentamientos humanos alrededor de los centros urbanos consolidados de las ciudades en estudio, estos inmigrantes han invadido zonas eriazas en las cuales han constituido su vivienda optando por usar como unidades de albañilería en la ciudad de Ilo y Tacna, el ladrillo o la bloqueta de concreto fabricado artesanalmente y en la ciudad de Moquegua el adobe sin estabilizar, ambas unidades de albañilería resultan económicas siendo esta opción la que influye en los pobladores para su uso. Las edificaciones con estas unidades han sido autoconstruidas sin dirección técnica especializada. Por su origen, estas edificaciones (tanto de ladrillos o bloquetas de concreto y las de adobe) presentan una alta vulnerabilidad si corresponden a los tipo 1 y 2 y vulnerabilidad media si son del tipo 3. Las unidades de albañilería (adobe y ladrillos ó bloquetas de concreto) tienen defectos resultado del proceso artesanal de fabricación y de su exposición al medio ambiente. Las edificaciones construidas con estas unidades tienen errores de diseño producto de la autoconstrucción.

Los asentamientos humanos, resultado de las invasiones, se han ubicado en zonas eriazas, ocupando terrenos cuyo suelos presentan condiciones negativas para fines de cimentación, existen en estas áreas edificaciones mayoritariamente de tipo 2 y 3; esto ocurre en los distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, a las faldas del cerro Intiorko, en la ciudad de Tacna.

En Moquegua, estos asentamientos se han ubicado en los cerros que rodean a la Zona Monumental, presentan una fuerte pendiente y en las que mayoritariamente las edificaciones son tipo 1.

Con las mismas características de ocupación del suelo, en Ilo se han asentado en las áreas correspondientes al talud de la muralla natural que se encuentra al Este de la ciudad, con fuerte pendiente, mayoritariamente se encuentran edificaciones tipo 2 y 3.

Se recomienda realizar una campaña agresiva de difusión de medidas de reforzamiento estructural de edificaciones en las zonas de mayor vulnerabilidad y riesgo sísmico de las ciudades estudiadas, para ello deberá existir coordinación entre los comites de Defensa Civil y Municipalidades de cada lugar

Asimismo, se deberán realizar evaluaciones en cada ciudad a fin de determinar la capacidad de respuesta de la comunidad frente al posible desastre sísmico, preliminarmente se ha obtenido que no existe suficiente infraestructura básica ya que sólo se cuenta en cada ciudad con una estación de bomberos (salvo Tacna que tiene dos), un Hospital y sólo en Tacna existe un comité de Defensa Civil que en la medida de sus posibilidades se encuentra organizada para afrontar desastres lo que no ocurre en Ilo y Moquegua.

Los resultados obtenidos de vulnerabilidad y las probables intensidades sísmicas esperadas de ocurrir un sismo de magnitud 8.0 en la zona de estudio, nos indican que se presenta en terminos generales un Riesgo Sísmico Medio y Alto de desastre sísmico, por lo que se hace necesario implementar un plan de emergencia que involucre medidas para mitigar los posibles daños materiales y humanos.

## INDICE GENERAL

	<u>Pag. N°</u>
SUMARIO	1
RESUMEN	10
INTRODUCCION	12
<b>CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DE LOS DEPARTAMENTOS DE MOQUEGUA Y TACNA</b>	
1.1 Geografía.....	16
1.2 Geomorfología.....	19
1.3 Geología.....	32
1.3 Población.....	56
<b>CAPITULO II: GEODINAMICA INTERNA DE LA ZONA.</b>	
2.1 Origen y generación de sismos.....	58
2.2 Características sísmicas de la zona.....	62
2.3 Historia Sísmica de la zona.....	72
<b>CAPITULO III: SITUACION ACTUAL DEL AREA URBANA</b>	
3.1 Selección de las áreas de estudio.....	83
3.2 Aspectos Generales .....	84
3.3 Características Físicas.....	87
3.4 Evolución Urbana de las ciudades.....	93
3.5 Situación Actual.....	105
3.6 Uso de Suelos.....	115
<b>CAPITULO IV: VULNERABILIDAD SISMICA EN LAS CIUDADES DE ILO MOQUEGUA Y TACNA</b>	
4.1 Vulnerabilidad.....	126
4.2 Clasificación de las Edificaciones .....	128
4.3 Determinación del Nivel de vulnerabilidad.....	132
4.4 Vulnerabilidad en los Colegios de Ilo.....	170

<b>CAPITULO V</b>	<b>RIESGO SISMICO EN LAS CIUDADES DE ILO, MOQUEGUA Y TACNA</b>	
	5.1 Conceptos.....	174
	5.2 Intensidades Sísmicas Probables.....	176
	5.3 Proyección de daños en edificaciones.....	180
	5.2 Determinación del Riesgo Sísmico.....	195
<b>CAPITULO VI:</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCION SISMICA</b>	
	6.1 Comportamiento Sísmico de la Edificaciones.....	199
	6.2 Recomendaciones para disminuir el nivel de Vulnerabilidad en las Edificaciones.....	206
<b>CAPITULO VII</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	216
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		221
<b>ANEXOS</b>		
Anexo "A"	Cortes Transversales al Mapa Sismotectónico	226
Anexo "B"	Escala de Intensidades Sísmicas	231
Anexo "C"	Modelos de Encuestas	249
Anexo "D"	Estudio de Suelos-Moquegua	253
Anexo "E"	Recortes periodísticos Sismo 1868	259
<b>MATERIAL FOTOGRAFICO</b>		262

## INDICE DE LAMINAS

Lámina 1.1	Ubicación de la Zona de Estudio.
Lámina I.1	Plano básico de la ciudad de Ilo.
Lámina I.2	Plano topográfico de la ciudad de Ilo.
Lámina I.3	Sectorización de la ciudad de Ilo.
Lámina I.3a	Manzanas inspeccionadas por sector en la ciudad de Ilo.
Lámina I.4	Edificaciones de un piso en la ciudad de Ilo.
Lámina I.5	Edificaciones de dos pisos en la ciudad de Ilo.
Lámina I.6	Edificaciones de tres pisos en la ciudad de Ilo.
Lámina I.7	Edificaciones mayores de tres pisos en la ciudad de Ilo.
Lámina I.8	Edificaciones tipo 1 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.9	Edificaciones tipo 2 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.10	Edificaciones tipo 3 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.11	Edificaciones tipo 4 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.11a	Edificaciones predominantes por sector en la ciudad de Ilo.
Lámina I.11b	Vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Ilo.
Lámina I.12	Mapa geológico de la ciudad de Ilo.
Lámina I.13	Intensidades sísmicas probables en la ciudad de Ilo.
Lámina I.14	Daños proyectados en edificaciones tipo 1 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.15	Daños proyectados en edificaciones tipo 2 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.16	Daños proyectados en edificaciones tipo 3 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.17	Daños proyectados en edificaciones tipo 4 en la ciudad de Ilo.
Lámina I.18	Riesgo sísmico en la ciudad de Ilo.
Lámina CI.1	Ubicación de colegios en la ciudad de Ilo.
Lámina CI.2	Vulnerabilidad sísmica de los colegios en la ciudad de Ilo.
Lámina M.1	Plano básico de la ciudad de Moquegua.
Lámina M.2	Sectorización de la ciudad de Moquegua.
Lámina M.2a	Manzanas inspeccionadas por sector en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.3	Edificaciones de un piso en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.4	Edificaciones de dos pisos en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.5	Edificaciones de tres pisos en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.6	Edificaciones mayores de tres pisos en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.7	Edificaciones tipo 1 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.8	Edificaciones tipo 2 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.9	Edificaciones tipo 3 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.10	Edificaciones tipo 4 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.10a	Edificaciones predominantes por sector en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.10b	Vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Moquegua.

Lámina M.11	Intensidades sísmicas probables en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.12	Daños proyectados en edificaciones tipo 1 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.13	Daños proyectados en edificaciones tipo 2 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.14	Daños proyectados en edificaciones tipo 3 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.15	Daños proyectados en edificaciones tipo 4 en la ciudad de Moquegua.
Lámina M.16	Riesgo sísmico en la ciudad de Moquegua.
Lámina T.1	Plano básico de la ciudad de Tacna.
Lámina T.2	Distritos de la ciudad de Tacna.
Lámina T.3	Sectorización de la ciudad de Tacna.
Lámina T.3a	Manzanas inspeccionadas por sector en la ciudad de Tacna.
Lámina T.4	Edificaciones de un piso en la ciudad de Tacna.
Lámina T.5	Edificaciones de dos pisos en la ciudad de Tacna.
Lámina T.6	Edificaciones de tres pisos en la ciudad de Tacna.
Lámina T.7	Edificaciones mayores de tres pisos en la ciudad de Tacna.
Lámina T.8	Edificaciones tipo 1 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.9	Edificaciones tipo 2 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.10	Edificaciones tipo 3 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.11	Edificaciones tipo 4 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.11a	Edificaciones predominantes por sector en la ciudad de Tacna.
Lámina T.11b	Vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tacna.
Lámina T.12	Mapa geológico de la ciudad de Ilo.
Lámina T.13	Intensidades sísmicas probables en la ciudad de Ilo.
Lámina T.14	Daños proyectados en edificaciones tipo 1 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.15	Daños proyectados en edificaciones tipo 2 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.16	Daños proyectados en edificaciones tipo 3 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.17	Daños proyectados en edificaciones tipo 4 en la ciudad de Tacna.
Lámina T.18	Riesgo sísmico en la ciudad de Tacna.
Lámina B.1	Plano básico del Balneario de Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.1a	Sectorización del Balneario de Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.2	Edificaciones tipo 1 en el Balneario de Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.3	Edificaciones tipo 2 en el Balneario de Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.4	Edificaciones tipo 3 en el Balneario de Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.5	Edificaciones predominantes por sector en Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.6	Vulnerabilidad sísmica en el Balneario de Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.7	Intensidades sísmicas probables en Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.8	Daños proyectados en edificaciones tipo 1 en Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.9	Daños proyectados en edificaciones tipo 2 en Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.10	Daños proyectados en edificaciones tipo 3 en Boca del Rio-Tacna.
Lámina B.11	Riesgo sísmico en el Balneario de Boca del Rio-Tacna.

# RESUMEN

---

Se presenta a continuación el Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en los departamentos de Moquegua y Tacna, se tiene como objetivo principal determinar las áreas de vulnerabilidad y riesgo sísmico en las principales ciudades de los departamentos mencionados.

Los departamentos de Moquegua y Tacna se ubican en una área geográfica potencialmente sísmica como consecuencia del fenómeno de subducción entre las placas de Nazca y la Sudamericana. La frontera Perú-Chile se considera una Zona de Silencio o Brecha Sísmica debido a que no se han producido sismos de gran magnitud en más de 100 años, siendo los últimos los ocurridos en los años 1 868 y 1 877 ambos de magnitud aproximada de 8.5, los cuales provocaron grandes pérdidas materiales y humanas.

En el Capítulo I, se presentan los aspectos generales de los departamentos, se describe la geografía, geomorfología, geología y población, características que son consideradas en el tratamiento de la vulnerabilidad y riesgo sísmico.

Es necesario conocer las características sísmicas de la zona geográfica donde se ubican los departamentos de Moquegua y Tacna, para poder tener una idea del potencial sísmico existente; este tema se desarrolla

en el capítulo II, además se presenta la historia sísmica y un catálogo de los sismos ocurridos en el presente siglo y que han podido ser medidos instrumentalmente.

En el Capítulo III, teniendo en cuenta los aspectos de población, expansión urbana, historial sísmico, entre otros, se seleccionan las ciudades de cada departamento en los que se desarrollará el presente estudio, se describe los aspectos generales de cada ciudad así como sus características físicas, evolución urbana, situación actual y uso de suelos.

El concepto de vulnerabilidad se define en el Capítulo IV, también se detalla la metodología empleada en este estudio presentándose además la clasificación de las edificaciones según su comportamiento sísmico, en base al cual se obtienen los niveles de vulnerabilidad sísmica en los diferentes sectores de cada ciudad. Los niveles de vulnerabilidad con los que se trabajan son Alta, Media y Baja.

Superponiendo los resultados de vulnerabilidad sísmica con los efectos de un sismo destructor que se representa mediante zonas de probables intensidades sísmicas que son halladas teniendo en cuenta las condiciones locales de cada ciudad como aspectos topográficos, tipo de suelo y geología, se obtienen los probables niveles de riesgo sísmico para cada ciudad. También se presenta la proyección de los probables daños que afectarían a los tipos de edificaciones que se definieron en el capítulo anterior y con los cuales se ha trabajado. Todo lo descrito forma parte del Capítulo V.

El Capítulo VI contiene las medidas de prevención sísmica que deberán tomarse en las diferentes ciudades. Estas medidas están dirigidas a mitigar los probables daños que se ocasionarían a las edificaciones más vulnerables. Se brindan recomendaciones técnicas que disminuirán el nivel de vulnerabilidad, para ello se describe el comportamiento sísmico de cada tipo de edificación.

Por último, las conclusiones y recomendaciones finales del presente estudio se encuentran en el Capítulo VII.



# INTRODUCCION

Entre 1900 y 1992, 70 países se han visto afectados por 1200 terremotos destructivos que han causado la muerte a más de un millón y medio de personas. Son cifras alarmantes para un siglo en el que se han logrado enormes adelantos científicos y técnicos. Además, estas cifras ocultan una realidad más compleja: en los últimos años, sólo pocos países industrializados han sufrido pérdidas humanas numerosas debidas a terremotos; en cambio, en muchos países en desarrollo se producen muchas víctimas causadas por terremotos incluso de intensidad moderada.

Se debe admitir que las innovativas tecnologías en los campos de la tecnología espacial, de los sofisticados sensores sísmicos, de los eficaces sistemas de alerta rápida, técnicas de ingeniería sísmica y de construcción permiten avanzar a países como Japón y Estados Unidos, hacia una reducción de sus cifras relacionadas con las pérdidas humanas y daños materiales durante terremotos. Pero también tenemos que reconocer que esta reducción, gracias a la moderna tecnología, se ha alcanzado sólo en una pequeña proporción de países expuestos a peligros sísmicos en todo el mundo.

De todas formas, existe aún una necesidad mundial de conseguir mejores conocimientos científicos y técnicos. Por ejemplo, no es aún posible predecir la aparición de un terremoto, ni de la energía que puede liberar, ni la zona geográfica que puede verse afectada. Y tampoco se puede explicar porqué los terremotos, incluso con magnitudes parecidas, provocan diferentes consecuencias en diversas zonas del mundo.

Actualmente la mayor parte de las víctimas se deben a derrumbamientos de edificios, daños a estructuras o a efectos secundarios como incendios, corrimientos de tierra o de tsunamis. Los daños y la destrucción de las infraestructuras (autopista, línea de telecomunicación, etc.) son, normalmente, la causa de las pérdidas económicas, que aumentan en relación al desarrollo económico.

Considerando esta situación, la Asamblea General de la Naciones Unidas, mediante resolución N°A/RES/44/236 de 1990, declaró al período comprendido entre los años 1990 al 2000 "Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales - DIRDN". Durante este lapso, mediante la cooperación internacional, pero sobre todo por el esfuerzo propio de los países del Tercer Mundo, han comenzado a desarrollarse actividades tendientes a reducir los negativos efectos de los desastres naturales; de tal manera, que se logre ingresar al nuevo siglo XXI teniendo un mundo más seguro donde vivir y que siga mejorando la calidad de vida del ser humano.

La idea de la DIRDN fue propuesta en la conferencia magistral del Dr. Frank Press, presidente de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica, durante la ceremonia de inauguración de la VIII Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica, realizada en San Francisco -California, en julio de 1984. Dicha iniciativa obtuvo unánime acogida entre los asistentes a la Conferencia, entre ellos se encontraba el Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi, profesor principal de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería quien se encontraba representando al Perú en dicho evento. De inmediato el Ing. Kuroiwa empezó a bosquejar un programa que comprometiera a todo el Perú en un trabajo de equipo, con el objeto de beneficiar a la mayoría de la población. Es así que se llegó a formular, con proyección al año 2000, el **PROGRAMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**.

El programa se comenzó a implementar en 1989 gracias a que la Agencia de Cooperación Internacional del Japón-JICA, se encontraba desde 1986 apoyando el proyecto "Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID", gestionado por la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. El Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres del CISMID tomó el liderazgo en el desarrollo del

estudio modelo de la nueva región Grau para la prevención y mitigación de desastres. Esto se hizo con la idea que la experiencia que se gane y los métodos que se desarrollen sirvan como modelo a las otras 11 nuevas regiones del Perú, y tener así un programa a nivel nacional.

En Julio de 1992 se inició el "Programa Nacional para la Prevención y Mitigación de Desastres en el Perú - PNPMD", que tiene una duración de 3 años. El programa esta siendo conducido por el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas con sede en Ginebra (DHA-Geneva) y el Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú, contando con el apoyo técnico del CISMID a través del Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres.

El estudio se centra en la Costa Sur Oeste del Perú, comprendiendo los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna, considerando principalmente los posibles efectos destructivos de un sismo del orden de magnitud 8, acompañado por Tsumamis. Hace más de un siglo, desde 1 868, que no se producen sismo de gran magnitud en dicha área, por las características mencionadas recibe el nombre de "Zona de Silencio Sísmico".

Los objetivos del PNPMD al año 2 000 son:

Que todas las construcciones públicas y privadas que se efectúen el país, estén adecuadamente protegidas contra los desastres naturales.

Que todos los peruanos, por remoto que sea el lugar de su residencia, sepan qué desastres naturales amenazan a su comunidad y qué deben hacer para protegerse a sí mismos y a sus propiedades.

Como parte del PNPMD, el presente trabajo "Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en los Departamentos de Moquegua y Tacna", tiene como finalidad principal determinar el nivel actual de vulnerabilidad de las edificaciones existentes en las más importantes ciudades de estos departamentos, así como proporcionar las recomendaciones respectivas para disminuir el grado de vulnerabilidad en las edificaciones sísmicamente débiles.

# CAPITULO I

## Aspectos Generales de los Departamentos de Moquegua y Tacna.

### 1.1 GEOGRAFIA

#### 1.1.1 Departamento de Moquegua.

Se localiza al Sur del territorio nacional. Su ámbito comprende zonas costeras y andinas. Tiene una superficie de 15 733.97 Km<sup>2</sup>, está ubicado entre las coordenadas 16° y 17°50' de latitud Sur, 70° y 71°30' de longitud Oeste.

Su capital es la ciudad de Moquegua, en el piedemonte andino. Conserva mucho de sus construcciones coloniales, siendo un apacible centro urbano con atractivos turísticos no sólo en la urbe, sino también en zonas rurales inmediatas.

El nombre provendría del quechua Moqui-chuas ("Muqui" - humedo y "hua" - tener lástima) o del aymara "muki" - mojado y "hua" - en buena hora.

Limita por el Norte con el departamento de Puno, al Este con el departamento de Tacna; al Sur con Tacna y el Océano Pacífico y al Oeste con el departamento de Arequipa. En la lámina 1.1 se presenta su ubicación dentro del territorio nacional.

La topografía de su territorio es variada. Una estrecha franja costanera se localiza entre la llamada "Cordillera de la Costa" y el litoral marino. Sin mayores accidentes, predominan las áreas con pampas separadas por colinas de poca altitud.

A corta distancia del mar y paralela al litoral, está la Cordillera de la Costa, antiguo relieve que iniciándose en Tacna, llega hasta el departamento de Ica. Sus mayores altitudes generalmente no llegan a los 1 000 m.

La parte interandina es accidentada. El río Tambo corre por un cañón modelado en las vertientes andinas, igual que muchos de sus afluentes.

El clima es variado y va de acuerdo a la altitud. En la costa es templado y húmedo con escasas precipitaciones. Alta nubosidad durante el invierno, así como elevada humedad atmosférica. En las regiones interandinas, el clima es templado-cálido en los fondos de los valles que están por debajo de los 1 000 m. de altitud. A mayor altitud se suceden los climas templados; templados frío y glaciario. Los climas corresponden templados a las zonas yungas y sunis. El frío, a las altas punas y el clima glaciario a las zonas con cumbres nevadas.

Considerando la hidrografía, debe señalarse que el agua es un recurso escaso a nivel departamental. Los ríos interandinos corren por valles profundos lo que dificulta notablemente su uso con fines agropecuarios, urbanos, industriales, etc.

El río Tambo, que nace en el ámbito de Moquegua, es el más importante. Nace en los nevados de Canacani y Hualcane, en lagunas de origen glaciario localizadas al Sur de estas cumbres. Desemboca en el territorio de Arequipa.

Otro río importante es el Osmore o Moquegua, en cuyo valle está la capital departamental.

La vegetación es muy escasa a nivel departamental. En la costa y vertientes andinas, predominan las cactáceas y otras plantas típicas de zonas desérticas.

Los suelos agrícolas son escasos y se localizan en los fondos de valle y laderas con pendientes suaves.

Existen muchas áreas mineralizadas. Algunas están siendo explotadas actualmente y otras permanentemente inexploradas. La principal mina es la de Cuajone, donde se explota cobre. Hay también minas de plata, plomo, borax, onix, etc.

### **1.1.2 Departamento de Tacna**

El departamento de Tacna, ubicado en el sur del Perú, fue creado por ley el 28 de Junio de 1875, integrada por las provincias de Arica, Tacna y Tarapacá, luego de la guerra con Chile, en 1883, quedo reducido a dos provincias: Tarata y Tacna, con una superficie de 14 776 Km<sup>2</sup> (1.2% del territorio nacional).

Esta ubicada entre las coordenadas 16°50' y 18°20' de latitud Sur, 69°30' y 71°10' de longitud Oeste; siendo sus límites geográficos por el Sur con Chile, por el Norte con el departamento de Moquegua, por el Este con el departamento de Puno y Bolivia y por el Oeste con el Océano Pacífico (ver lámina 1.1). Su capital es Tacna, ubicada a 562 m.s.n.m., tiene el título de "Ciudad Heroica" por su desempeño durante la época emancipadora del coloniaje español y el cautiverio sufrido luego de la guerra con Chile.

El territorio comprende regiones de costa y sierra, con accidentes topográficos como la cordillera del Barroso con sus picos nevados Barroso (5 741 m.s.n.m.), Chupiquiña (5 788 m.s.n.m.) y los volcanes extinguidos de Tacora (5 958 m.s.n.m.), Tutupaca y otros.

Es de clima cálido en la costa, templado entre los 2 500 y 3 500 m.s.n.m., frio en la meseta y cordillera. Tiene como accidentes costeros Punta Picota y Punta Camaguata.

Se consideran en el departamento de Tacna cuencas de poco caudal originados por los ríos Caplina, Sama y Locumba que proyectan su recorrido hacia el Océano Pacífico.

El río Caplina nace en la cordillera del Barroso a 5 800 m.s.n.m., los deshielos de los nevados Tacora y Yurimani, que se encuentran en dicha cordillera, constituyen un afluente en su curso superior. El curso del río Caplina tiene un rumbo promedio de S35°W, y su longitud se calcula en 118 Km., en Tacna su recorrido es de 44 Km.

El río Sama tiene una cuenca colectora de 4 700 Km<sup>2</sup> con un recorrido de 160 Km.

El río Locumba con una cuenca colectora de 6 201 Km<sup>2</sup>, sus nacientes están en los cerros Oquelaca y Chanane en el departamento de Moquegua a 5 100 m.s.n.m., tiene una longitud aproximada de 170 Km.

## **1.2 GEOMORFOLOGIA**

### **1.2.1 Zona de Ilo**

En el área de Ilo se distingue fácilmente tres unidades geomorfológicas con características propias de topografía, estructura geológica y litología (ver Fig. 1.1). Estas tres unidades son de Oeste a Este

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

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

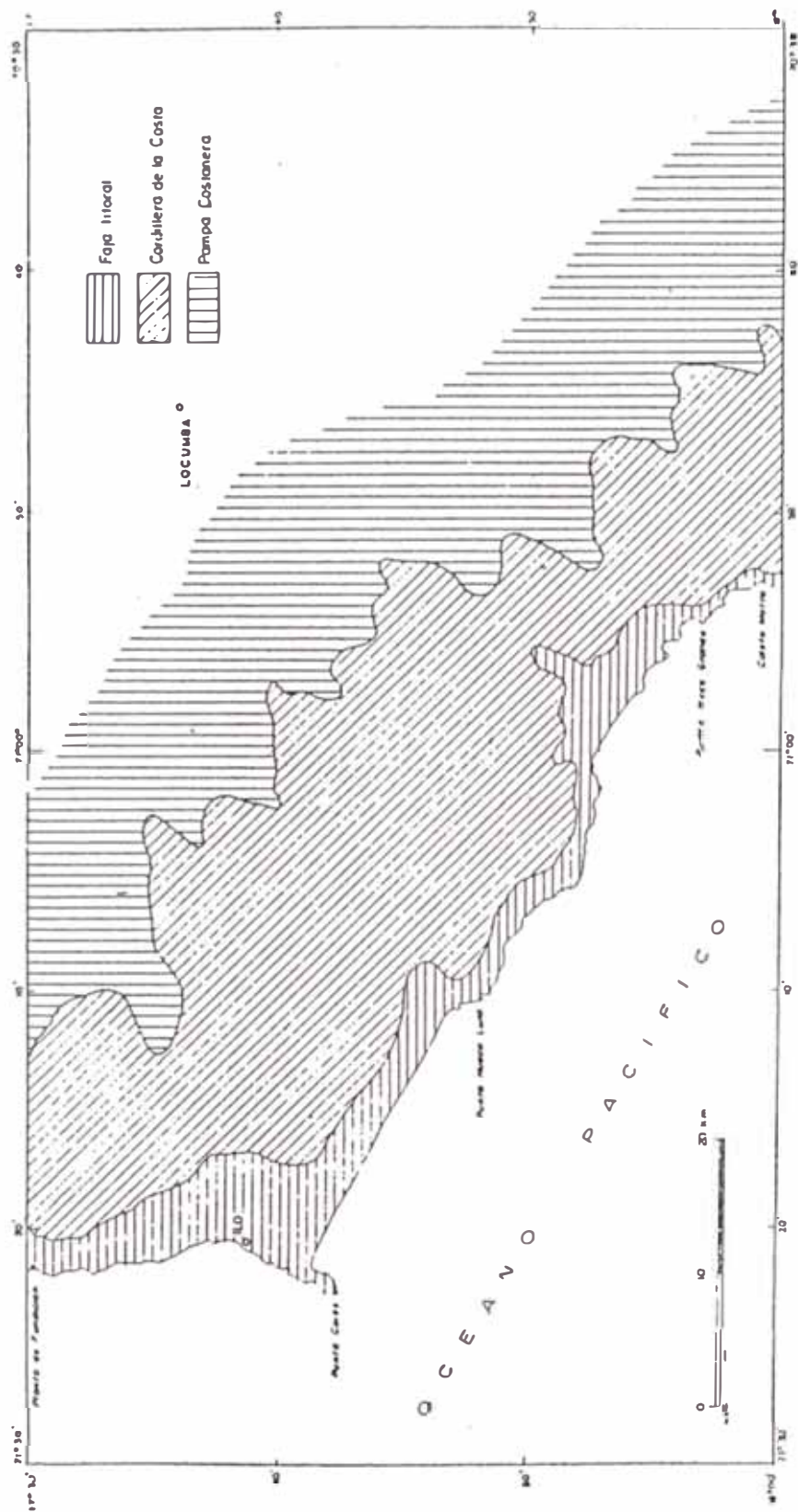


Fig. 1.1  
 Unidades geomorfológicas de Ilo y Locumba



### a) Faja Litoral

Esta unidad geomorfológica comprende el terreno bajo que se extiende entre la ribera del mar y el pie de la cordillera de la costa, alcanzando una altura hasta los 400 m., con ancho variable entre 3 y 7 Km. La morfología de esta faja se caracteriza por la presencia de varias planicies de abrasión marina cubiertas de terrazas que se presentan escalonadas desde la orilla del mar hasta los 350 m. de altitud sobre el flanco de la cordillera de la costa. La faja litoral para su estudio ha sido dividida en dos tramos:

Un tramo setentrional con dirección general Norte-Sur, comprendido entre el extremo Noroeste del cuadrángulo de Ilo y la Punta de Coles, a lo largo del cual se distinguen dos notables terrazas a 120 y 350 m. s.n.m. (Ver Fig. 1.2).

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

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

La escarpa frontal de esta terraza se ha reconocido por una distancia de 8 Km., entre Alto Caliente Negros y la Quebrada de Zaparo.

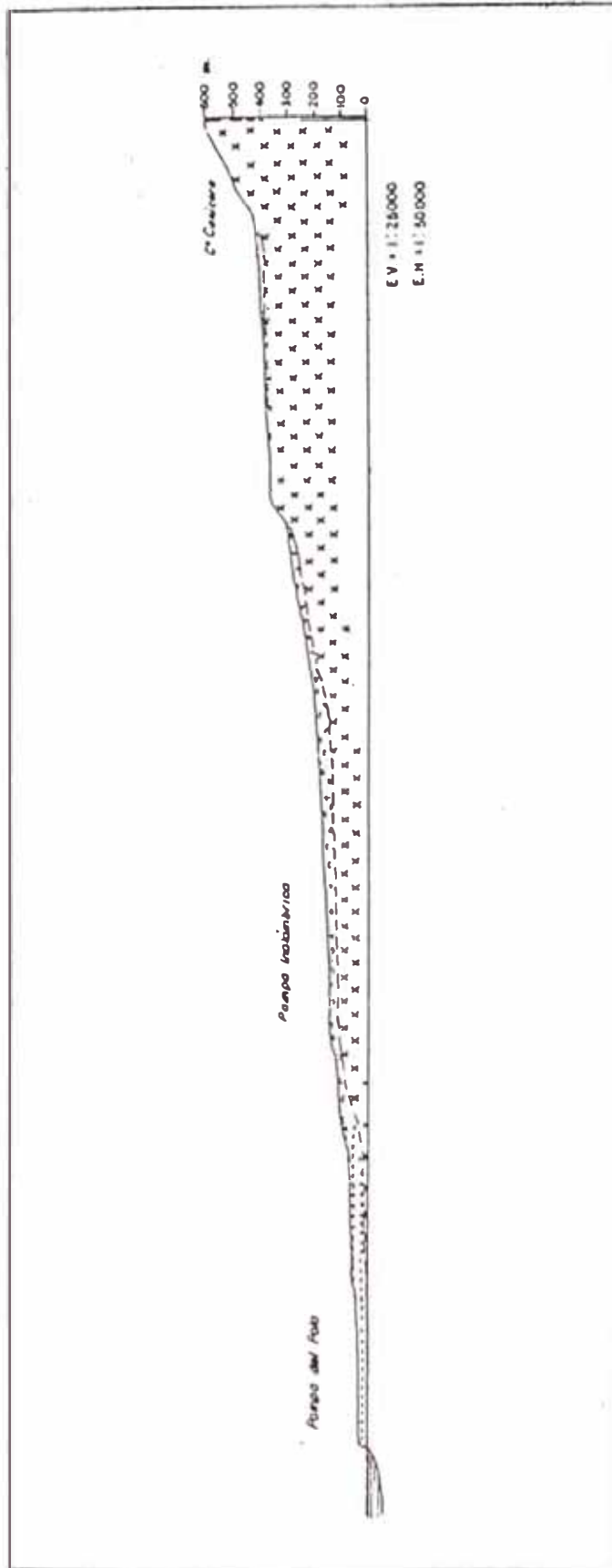


Fig. 1.2  
Terrazas en el área de Ilo

Esta terraza está dividida por el cañón del río Osmore en dos secciones, cuyas superficies planas forman la Pampa del Alto de Mostazal en el lado Norte y la Pampa Inalámbrica al lado Sur.

#### b) Codillera de la Costa

Paralelamente a la ribera pacífica se extiende desde la Península de Paracas (14° de latitud Sur) hasta Chile, una faja montañosa de relieve moderado que ha sido denominada Cordillera de la Costa y que, en opinión de algunos autores (Lisson 1925, Steinmann 1930), constituye los restos de un antiguo macizo que primitivamente se extendía como tierra firme por una distancia considerable hacia el Oeste de la línea actual de la costa.

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

Las elevaciones más notables que se encuentran a lo largo de este macizo son de NO a SE: Zaparo Grande (1 450 m.), Chupallas (1250 m.), Los Médanos (1 470 m.), Puite (1 661 m.) y Papal (1 774 m.). Las cimas de estos cerros se presentan truncadas por erosión y cubiertas por depósitos recientes, mientras que el resto del área se caracteriza por su topografía suave, de colinas más o menos redondeadas y un drenaje dendrítico muy irregular. Por otro lado, un sistema de fallas transversales de tipo normal ha fracturado este macizo en bloques, dando lugar a la formación de áreas elevadas y depresiones que de un modo general han influido en el desarrollo de las formas topográficas actuales.

### c) Pampas Costaneras

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

Esta unidad geomorfológica, que inicialmente presentaba superficie suavemente inclinada de Noreste a Suroeste, se halla fuertemente modificada por la erosión fluvial subsecuente que ha labrado valles y quebradas poco profundos, de fondo plano en las partes bajas y cañones en las partes proximas al flanco andino; en las secciones intermedias la topografía es ondulada y consiste de terrazas que en conjunto forman las llamadas pampas. Entre éstas se mencionan la Pampa de las Pulgas entre la Quebrada Honda y Quebrada Seca, Pampa Sitana entre la Quebrada Seca y el río Locumba y la Pampa Eslagonal entre los ríos Locumba y Sama. En general la superficie de estas pampas se inclina de Noroeste a Suroeste, variando su altitud entre los 1 000 y 300 m.s.n.m.

#### **1.2.2 Zona de Moquegua**

En la zona de Moquegua se pueden diferenciar tres unidades geomorfológicas que se han denominado: Llanura Costanera, Flanco Andino y Cadena de Conos Volcánicos (ver Figura 1.3 ).

##### Llanura Costanera

A partir de la ciudad de Moquegua y hacia el Sur se aprecia un territorio llano y árido constituido por depósitos clásticos semi-consolidados de la formación Moquegua, del terciario superior. Las capas de dicha formación tienen un suave buzamiento al Suroeste, semejando en conjunto a un plano inclinado o a una pendiente estructural suave. La formación se encuentra

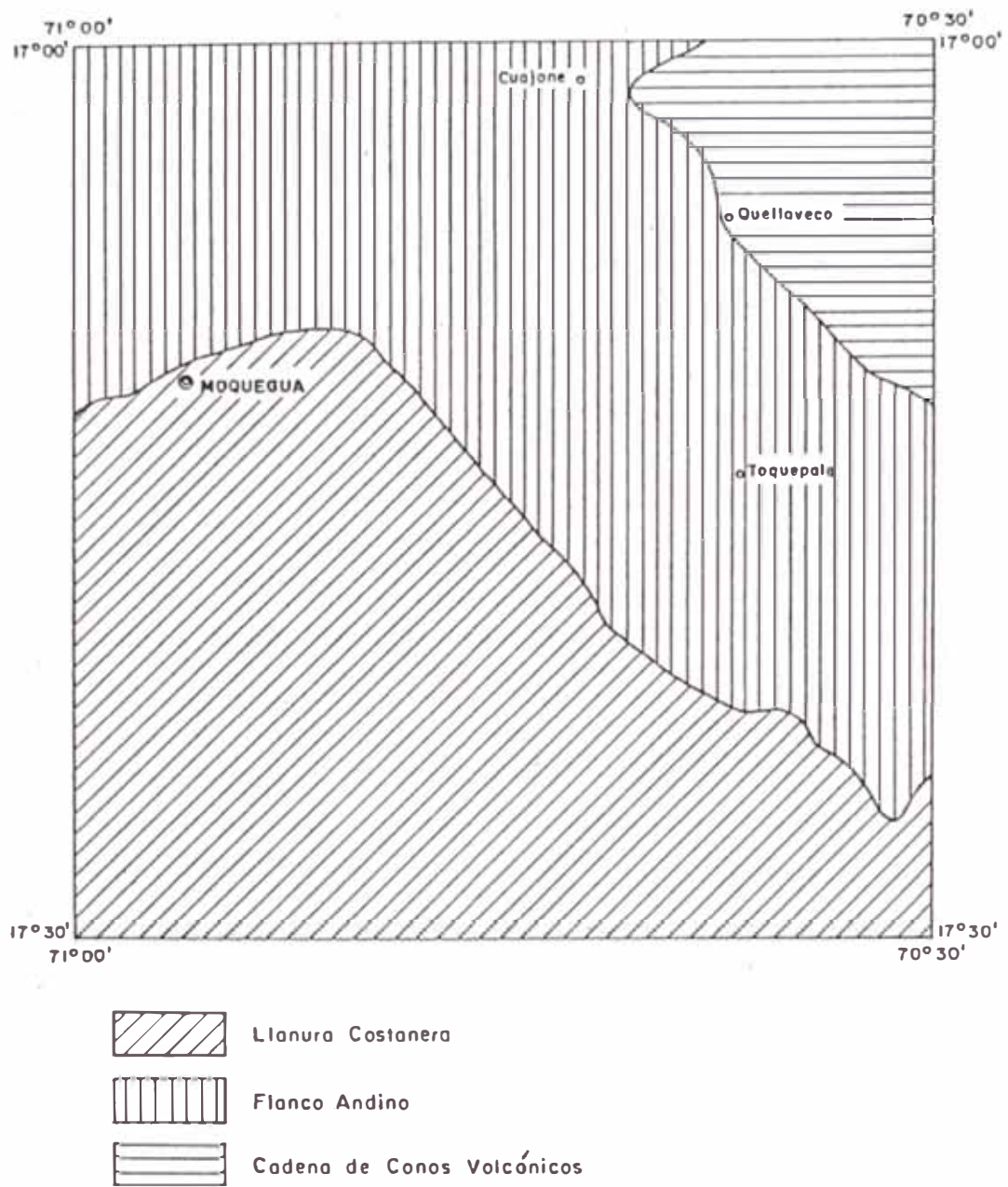


Fig. 1.3  
 Unidades geomorfológicas del cuadrángulo de Moquegua

extensamente recubierta por un delgado manto aluvial de pie de monte, de edad cuaternaria.

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

La llanura costanera se encuentra disectada por numerosas quebradas profundas y secas, que corren dirección Suroeste, notándose las llamadas pampas entre dos quebradas. Además, cada quebrada tiene muchos tributarios, que surcan las diversas pampas formando un drenaje dentrítico complicado y de difícil acceso.

Se observa pampas de nivel superior ubicadas inmediatamente al pie del frente andino (Pampas San Antonio, Lagunas Pascana). Como también pampas de nivel inferior constituídas por extensos aluviales que recubren superficies erosionadas. (Sitana, El Purgatorio).

En la ladera del Valle de la ciudad de Moquegua se reconocen pequeñas terrazas de erosión labradas en la formación Moquegua, algunos trechos de la carretera Panamericana están construidos sobre ellas.

### Flanco Andino

Al Este y Noreste de la Llanura Costanera se extiende el Flanco Andino. Es un territorio formado de rocas volcánicas y macizos intrusivos, en conjunto muestra una topografía abrupta y bastante disectada.

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

En el Flanco Andino de la zona de Moquegua, se distinguen dos configuraciones:

- La parte baja, la cual se desarrolla inmediatamente después de la Llanura Costanera, es un terreno de fuerte pendiente y de topografía difícil que se eleva rápidamente hasta altitudes de 3 100 a 3 400 m.s.n.m.
- La parte alta del Flanco Andino, que sigue al frente abrupto empinado. Es un terreno de superficie moderadamente ondulado e inclinado al Suroeste, con algunos sectores planos.

### Cadena de Conos Volcánicos

Al Noreste de la ciudad de Moquegua y pasando el Flanco Andino se desarrolla una faja montañosa formada por una sucesión de conos volcánicos. Esta cadena volcánica tiene un ancho de 20 a 30 Km. con rumbo NO-SE.

Toda la zona volcánica ha sido afectada por la glaciación cuaternaria, rasgos morfológicos de erosión glacial como circos, superficies estriadas, pequeñas lagunas en cubetas rocosas, con diques morrénicos y crestas filudas, etc., son comunes en los flancos de los volcanes, igualmente las acumulaciones morrénicas frontales y laterales se observan por doquier.

La orientación NO-SE que tiene la cadena de conos volcánicos ha hecho pensar a numerosos estudiosos que los centros de erupción se encuentran a lo largo de una zona de falla de debilidad, formada cerca al borde accidental del Altiplano, en forma más o menos paralela al litoral del borde del Pacífico.

### **1.2.3 Zona de Tacna**

El presente estudio se circunscribe a una superficie que se extiende desde la línea de playa hasta la cota 1 600 m.s.n.m que tiene por límite las estribaciones de la Cordillera de los Andes. En esta superficie se distingue claramente seis unidades fisiográficas cuyas características son las siguientes: (Ver Fig. 1.4)

#### Cordón Litoral de la Costa.

Es la superficie plana de terreno que forma una angosta faja la cual se observa a lo largo del borde occidental de la cordillera de la costa, delimitando con la línea de playa. Se encuentra representada por terrazas marinas de ancho variable que fueron levantadas por procesos geológicos epirogenéticos, estos fenómenos afectaron la zona Sur del Perú desde el Terciario hasta el Cuaternario reciente, continuando aún.

#### Cordillera de la Costa.

Se extiende desde la península de Paracas hasta la República de Chile, siguiendo un alineamiento paralelo a la línea de playa. Regionalmente esta constituido por Gneis y Esquistos, así como por otras rocas pertenecientes al Paleozoico Superior.

#### Las Pampas Costaneras.

Esta tercera unidad geomorfológica se ubica entre la cordillera de la costa y el frente occidental de la cordillera de los Andes. Se trata de un territorio llano, comprendido entre las cotas 200 y 1 200 m.s.n.m. aproximadamente. Estas pampas se desarrollaron en depósitos volcánicos de la Formación Huaylillas del Terciario



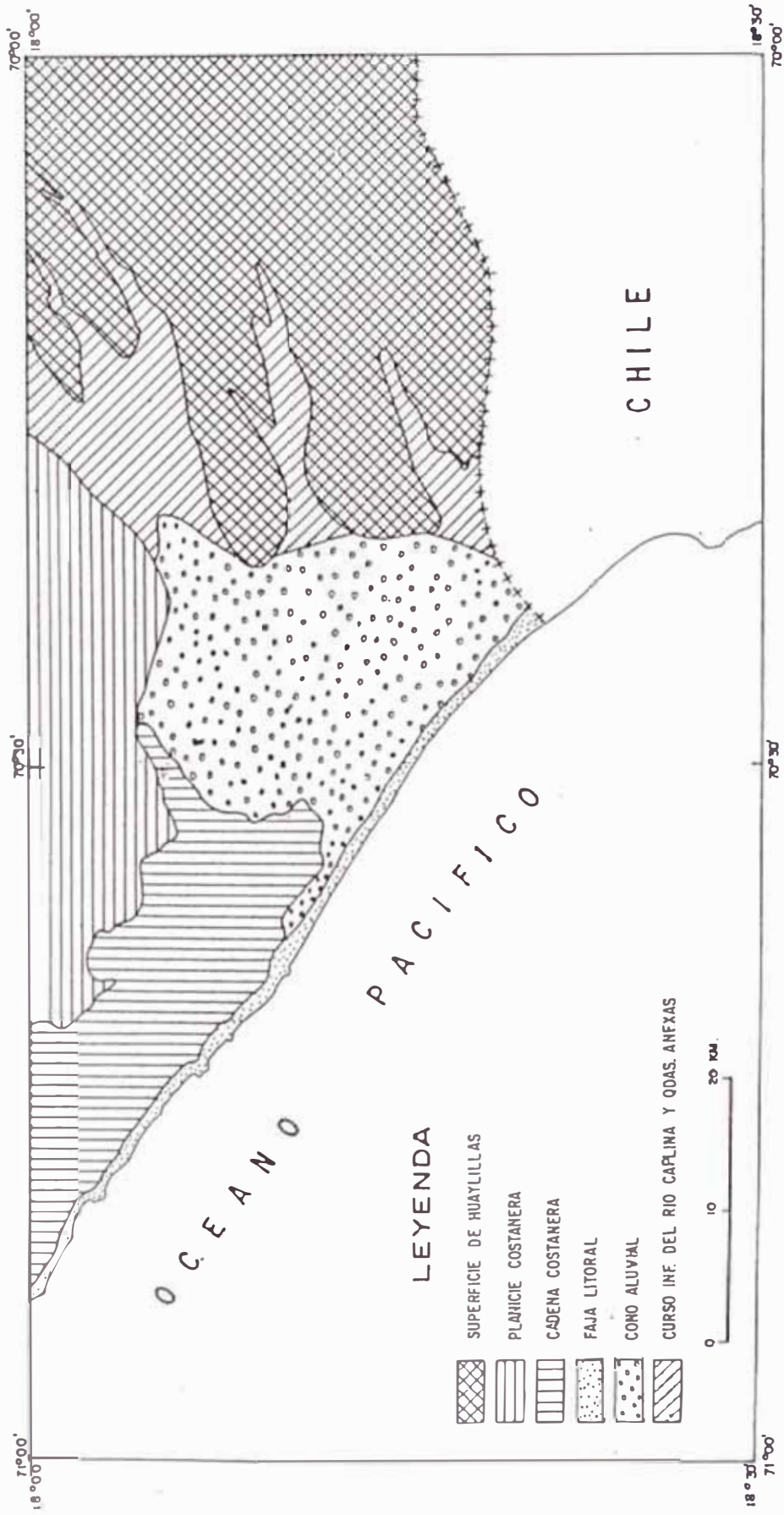


Fig. 1.4  
 Unidades geomorfológicas de los cuadrángulos de la Yarada y Tacna.

Superior, las que posteriormente, debido a una gran actividad fluvial, fueron bisectados en diferentes lugares, originando de este modo un conjunto de quebradas que le dá a esta unidad una topografía característica. La acción erosiva de las aguas del río Caplina en los depósitos riolíticos de estas pampas (fácilmente erosionables) ha dado origen a la formación del valle del mismo nombre, con un ancho promedio de 4 Kms. y donde se ubica la ciudad de Tacna.

### Cono Deyectivo del Río Caplina

Constituye una unidad fisiográfica que se inicia en la garganta de Magollo y se ensancha progresivamente hacia abajo, en forma de delta, hasta alcanzar el Océano Pacífico. Este abanico aluvial formado por el río Caplina con aporte de las Quebradas Honda, Viñani, La Garita, Salinas, está surcado por numerosas y pequeñas quebradas de fondo plano y poca profundidad de drenaje sub-paralelo de rumbo NE-SW (Las Quebradas tienen rumbo E-W).

El material que se observa son bloques, guijarros y guijas en el sector superior del abanico y arena limoso, así como también cobertera eólica en la parte media e inferior delta.

Cerca del litoral, abarcando una pequeña faja de 2-3 Km. de ancho, medida desde el mar, se nota la presencia de arenas y dunas antiguas sobre lumaquelas cementadas que continúa al Valle de Sama; también existen depósitos de conchuelas por debajo de la superficie, a unos 5 á 10 m., debido a las transgresiones y regresiones marinas existentes en épocas antiguas.

### Valle del Río Caplina.

El Valle del río Caplina constituye la geoforma más importante de la zona, cuya naciente está en la Cordillera del Barroso a 5 800 m.s.n.m. La cuenca tiene una extensión aproximadamente de 2,400 Km<sup>2</sup>. Su naciente abarca desde los 5 800 m.s.n.m., en la quebrada de Piscullane de rumbo SW-NE, hasta los 4 000 m.s.n.m.,

donde converge, por el flanco izquierdo, la quebrada Chuquiapiña cuyo origen está en el nevado del mismo nombre.

En esta zona el Valle que es del tipo "U", característico de haber sido trabajado por erosión y glaciación, recibe el caudal de los deshielos de la Cordillera del Barroso y de las precipitaciones. permitiendo así el aumento del caudal.

A partir de la confluencia de las quebradas Piscullane y Chupiquiña el valle presenta una inflexión al SW hasta los 2 000 m.s.n.m. para formar la Quebrada Caplina la cual recibe las aguas provenientes de la Quebrada Andamarca, ubicada ésta en la margen derecha, discurriendo al Sur con el nombre del Río Caplina, el cual en su trayectoria va aumentando de caudal por los aportes de agua que recibe de las diversas quebradas que convergen en el río Caplina, como la de Ataspaca, cuya cabecera está ubicada cerca a los 4 000 m.s.n.m.

Cercano a los poblados Caplina y Challatita, el cauce del río Caplina se encañona en materiales rocosos antiguos y abruptos, de fuerte pendiente, ensanchándose el valle de manera gradual aguas abajo desde Challata cortando longitudinalmente los sedimentos conglomerádicos y blandos de la Formación Moquegua, depositándose acumulaciones denominadas terrazas que ubican movimientos diastróficos que indican rejuvenecimiento del río, de edad post-Huaylillas y que aún continúan.

La zona de Calientes, aguas abajo del Valle, se encuentra afectado por fallas transversales de rumbo NW-SW, que han originado un hundimiento consecutivo y progresivo hasta el litoral, conformando la fosa de Tacna.

La falla existente colapsa la formación Moquegua y los depósitos cuaternarios recientes como las terrazas, ello se puede observar por el cambio brusco de la pendiente y el alineamiento casi paralelo de geoestructuras que dan aspectos de movimientos de bloques en escalera.

En Calientes los depósitos aluviales están distribuidos en un fondo amplio y poca pendiente encontrándose afloramiento de cenizas cuaternarias recientes. Entre Pachía y Tacna el valle presenta la forma de un polígono rectangular de fondo plano, flancos escarpados y abruptos, desarrollado en roca terciarias de la formación Moquegua y Huaylillas; esta geoforma abarca hasta Magollo, a partir del cual se desarrolló el cono deyectivo del río Caplina.

### Superficie Huaylillas.

Con el nombre de superficie Huaylillas Wilson (1962) describe una superficie de erosión asociada con la Formación Huaylillas de carácter volcánico, conformado ésta por tufos compactos y macizos, producto de la erosión del miembro superior de la citada formación y de suave inclinación al SW. La superficie alcanza altitudes que van desde los 250 a 4 000 m.s.n.m., en su localidad típica de Huaylillas

Característica de esta unidad es el drenaje subparalelo que presenta y da origen a numerosas quebradas de cauces angostos y profundos, labradas en forma de "V", cuya orientación general toma la dirección de la pendiente superficial.

Debido al levantamiento de los Andes la superficie fue erosionada constituyendo mesetas alargadas que a su vez destruyó grandes áreas donde actualmente se encuentran como sectores aislados en algunas zonas de la costa y pampas costaneras, esta geoforma existe desde el Norte de Cujone hasta la frontera con Chile.

## **1.3 GEOLOGIA**

### **1.3.1 Zona de Ilo.**

#### **1.3.1.1 Estratigrafía**

En el área estudiada afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que abarcan en edad desde el Precambriano hasta el cuaternario reciente (ver Fig. 1.5)

### Complejo Basal de la Costa

Con esta denominación Bellido y Narváez (1960) ha descrito rocas metamórficas compuestas por gneis y esquistos, asociados con intrusivos de granito alcalinos rojos y dioritas gneísicas que afloran en el área de Atico y que también son conocidos en otros lugares de la costa Sur del Perú.

En el área estudiada las rocas del Complejo Basal afloran a la orilla del mar, aproximadamente a 15 Km. al norte del Puerto de Ilo, donde forman promontorios y bancos muy erosionados y sumamente fracturados, dentro de una faja de 2.5 Km. de longitud y un ancho máximo de 500 m.

El gneis del área de Ilo representa el afloramiento más meridional del Complejo Basal de la costa y por su litología y posición estratigráfica se correlaciona con los gneis que se conocen en Atico, Ocoña y Mollendo a los cuales se ha asignado una edad Precambriana (Bellido 1962).

### Grupo Yamayo

Con este nombre Bellido (1962) ha descrito en el valle del río Tambo, del cuadrángulo de Punta de Bombón, una serie compuesta, en la parte inferior, por limolitas negras con cuarcitas grises subordinadas e intercalaciones volcánicas, y en la parte superior por areniscas amarillentas, limonitas verdosas, volcánicas y capas de Chert que yacen sobre las rocas del Complejo Basal y debajo del Volcánico Chocolate, asignándole una edad comprendida entre el Triásico Superior y el Jurásico Inferior.

En el cuadrángulo de Ilo, en las quebradas de Guaneros y Osmore, unos 2 Km. antes de su confluencia para formar el río Osmore, se encuentra una serie de 600 m. de limonitas y areniscas grises y negras con derrames volcánicos. Estas rocas quedan debajo del Volcánico Chocolate y están

intruidas por granodiorita. Su afloramiento se extiende en las laderas de ambas quebradas hasta por 3 Km. de longitud.

La edad de las rocas no ha podido ser determinada con exactitud por la ausencia de fósiles diagnósticos, sin embargo se han colectado rocas con huellas de plantas de hojas lanceoladas con nervaduras finas dispuestas paralelamente a los bordes, que dan idea de Cicadáceas del género *Pterophyllum*, las cuales abarcan un rango bastante amplio, aparecen en el Triásico Superior y llegan hasta el Jurásico Superior. En el área mapeada esta formación se encuentra debajo del Volcánico Chocolate, por lo tanto cabe asignarsele una edad Preliásica Superior y el Liásico inferior. Por su litología se le puede correlacionar con el grupo Yamayo del valle del Tambo.

#### Volcánico Chocolate

Con el nombre de Volcánico Chocolate, Jenks (1 948) designó a una serie de derrames de andesita y basalto, aglomerados y tufos con interestratificaciones de cuarcitas, calizas y lentes irregulares de arrecifes coralinos, que afloran en el valle de Yura y en el cerro Chocolate del área de Arequipa. Afloramientos de rocas similares pero sin las intercalaciones sedimentarias han sido encontradas en la margen izquierda del valle del Tambo y en la región de Pocomá (Bellido 1 962), donde consisten de derrames de andesita, aglomerados y brechas, yaciendo en discordancia sobre las formaciones del Paleozoico Superior y debajo de la formación Guaneros del Jurásico Superior.

El Volcánico Chocolate en el área mapeada está compuesto principalmente por derrames de andesita, dacita y basaltos de textura afanítica a porfirítica y en parte brechoide, ocasionalmente se observan lavas vesiculares rellenas con amígdalas de cuarzo.

No se han encontrado fósiles en las intercalaciones sedimentarias de la formación volcánica arriba descrita y para la determinación de su edad sólo se ha tenido en cuenta sus relaciones estratigráficas. La formación se encuentra discordante debajo de la formación Guaneros de edad Calloviana y descansa, también en discordancia, sobre las rocas del grupo Yamayo de posible edad Triásica a Jurásica Inferior.

En atención a los hechos, la formación volcánica del área de Ilo y Locumba se puede correlacionar con el Volcánico Chocolate de Arequipa y, por tanto, son de edad Jurásica Inferior, probablemente del Lias Superior.

#### Formación Guaneros

Con esta denominación Bellido (1 962) ha descrito en la Quebrada de Guaneros una sección de 2 350 m. de grosor, compuesta de capas sedimentarias de origen marino intercaladas con gruesos miembros volcánicos. La formación yace con discordancia sobre el Volcánico Chocolate y debajo del Volcánico Toquepala. Su edad es Calloviana. Estas rocas afloran en el borde de la planicie costanera desde el cerro Chololo, en el cuadrángulo de Ilo, hasta el cerro Alto del Meadero, en el cuadrángulo de Cledesí.

En el sector Norte del cuadrángulo de Ilo se han observado dos afloramientos de esta formación, el primero en las cabeceras de la Quebrada del Silencio donde la formación está constituida en la parte inferior por areniscas rojizas a brunáceas, de grano fino, bien estratificadas y con algunos lentes de aglomerados y bancos de andesita, mientras que en la parte superior se presentan derrames de andesita porfirítica gris verdosa con intercalaciones de arenisca calcárea. El rumbo promedio de las capas en este sector es de N50°W con buzamientos de 45° a 60° hacia el Noroeste.

El segundo Afloramiento se encuentra en el flanco occidental del cerro Chololo formando una faja de 6 Km. de largo, que termina por su lado Sureste contra la falla Chololo, mientras que por el lado Norte pasa hacia el cuadrángulo de Cledesí.

La formación Guaneros se correlaciona con la formación Morro de Arica del Norte de Chile, donde Ceccioni y Garcia (1960) han descrito una sección compuesta de sedimentos con fósiles del Calloviano y lavas volcánicas de facies igualmente marina. Por otro lado, la formación Guaneros se correlaciona con las rocas de la parte inferior del Grupo Yura. Jenks (1948) ha asignado a la formación Yura del área de Arequipa una edad Jurásica Superior, probablemente calloviana. Los estudios posteriores de la formación Yura ubican los miembros superiores en el Cretáceo Inferior.

#### Formación Moquegua

Con este nombre se conoce regionalmente en el Sur del Perú a una formación de origen continental que alcanza gran distribución a lo largo de la costa, desde la latitud de Atico hacia el Sur. La formación consiste de capas de arcillas rojizas, areniscas grises arcólicas con lentes de conglomerados y bancos de tufos volcánicos cuya edad ha sido asignada al Terciario Superior. En los cuadrángulos de Ilo y Locumba las rocas de la formación Moquegua ocupan casi la mitad de la superficie, extendiéndose desde la cordillera de la costa hasta los flancos andinos. En la misma pampa estas rocas se encuentran cubiertas parcialmente por los depósitos aluviales del Cuaternario.

Las relaciones estratigráficas de esta formación son las siguientes: el contacto inferior es discordante con la formación Guaneros en el área de Ilo, mientras que en el área de Locumba la formación yace erosionada de rocas intrusivas y del Volcánico Toquepala. Superiormente estos



depósitos están cubiertos en discordancia por la formación Huaylillas y los depósitos aluviales recientes.

La formación Moquegua ha sido dividida de acuerdo a su litología en dos miembros: inferior y superior, los cuales están separados por una suave discordancia paralela de carácter regional.

### Formación Huaylillas

Con este nombre Wilson (1962) describe en los cuadrángulos de Pachía y Palca una gruesa serie de piroplásticos, principalmente tufos que cubren discordantemente a la formación Moquegua. La secuencia en esa región consiste de tufos riolíticos en la parte inferior, tufos dacíticos compactos de color rosado en la parte media y tufos blancos riolíticos en la parte superior, con un grosor aproximado de 500 m.

Teniendo en cuenta su posición suprayacente a la formación Moquegua cuya edad se discute entre el Mioceno y el Plioceno, se considera a la formación Huaylillas ubicada en los niveles superiores del Plioceno y equivale estratigráficamente a la base del grupo Chachani de Arequipa.

### Depósitos Marinos

Esta clase de depósitos se encuentran formando dos terrazas en los alrededores del Puerto de Ilo. La terraza más alta, y a la vez más antigua, queda a 120 m. sobre el nivel del mar constituyendo la Pampa Inalámbrica. Forma una extensa superficie suavemente inclinada hacia el Oeste, por donde pasa la carretera a Ilo. El material de esta terraza consiste de conglomerados gruesos, lentes de arena fina de color gris violáceo y arena gruesa de color gris con abundantes restos de conchas y venillas de yeso. Su grosor varía de 5 a 30 m. Este depósito yace sobre una superficie de abrasión marina

labrada en diorita y superiormente queda cubierto con materiales aluviales y eólicos.

La terraza inferior se extiende entre Punta de Coles y la Quebrada Huaca-Luna, con una longitud de 20 Km. y anchos variables entre 1.5 y 2 Km. Su frente queda entre 15 y 20 m.s.n.m. La terraza es conocida con el nombre de Pampa del Palo y constituye una superficie de suave gradiente que se antepone a las pampas elevadas de Mostazal, Meca Chica y Cerro Redondo.

Los restos de conchas encontrados en estos depósitos pertenecen a especies que actualmente viven en el mar, como son las fisurellas, mytilus, concholepas, etc. Estas mismas especies han sido observadas en las diferentes terrazas que se encuentran a lo largo de la costa Sur así como en los tablazos del Noroeste del Perú, a los cuales se les ha asignado una edad Pleistocénica.

### Depósitos Aluviales

Esta clase de depósitos cubre grandes extensiones de los cuadrángulos estudiados, abarcan aproximadamente el 40% de la superficie total. Sobreyacen con discordancia a las formaciones más antiguas incluyendo a las rocas intrusivas.

El material de estos depósitos consiste de gravas semiconsolidadas con intercalaciones lenticulares de arena gruesa, arcilla y tufos redepositados, que muestran una vaga estratificación más o menos horizontal. Las gravas están compuestas por elementos redondeados, subredondeados hasta angulosos; de distintas clases de rocas, predominando los volcánicos. Sus diámetros varían entre 1 y 25 cm.; y en pequeña proporción se observan cantos mayores hasta de 60 cm. de tamaño.

En la pampa de las Pulgas sobre estos depósitos se encuentran costras de arena cementada con sal (CINa) y concreciones impuras de yeso.

El grosor de estos aluviales varía desde pocos centímetros hasta un máximo de 60 m. comprobados en los cortes de las numerosas quebradas y también en el registro de las perforaciones por agua subterránea en las pampas cerca a las Yaras.

### Depósitos Eólicos

Estos depósitos consisten de acumulaciones de arena suelta en forma de montículos, lenguas y mantos delgados que se encuentran cubriendo a las rocas igneas en los cerros los Médanos y el Flanco Oeste del cerro Canicora. Además cubren extensas superficies en las lomas que quedan en las partes bajas de los cerros Altos de las Salinas y Cardonal.

### Cenizas Volcánicas

En diferentes lugares de las pampas se observan pequeñas acumulaciones de cenizas volcánicas de color blanco, blandas hasta pulverulentas, mezcladas con grava fina.

Estos materiales generalmente se encuentran en suaves hondonadas cubriendo a los aluviales y formaciones más antiguas. La acumulación más importante de este material se halla en el cerro Pelado (cuadrángulo de Locumba) donde tiene un espesor entre 1 y 5 m., yaciendo sobre las rocas de la formación Moquegua.

### Depósitos Fluviales

Con esta denominación se considera a los depósitos actuales de los fondos de los valles principales. El material consiste de gravas con lentes de arenas y capas de arcillas que son aprovechados como terrenos de cultivo.

### 1.3.1.1 Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas se presentan constituyendo principalmente los cerros de la llamada Cordillera de la Costa. Su afloramiento abarca una faja irregular de 80 Km. de largo orientada de NO a SE y sus ancho varia entre 10 y 25 Km.

Por su composición las rocas intrusivas varían desde diorita gabroide hasta granito, predominando las granodioritas.

Las observaciones de campo parecen indicar que las rocas intrusivas provienen de un magma común de composición ácida, a partir del cual se derivaron en forma más o menos diferenciada los tres principales tipos de rocas, con el siguiente orden de consolidación: dioritas, granodioritas y granitos.

Se ha cartografiado los siguientes grupos de rocas intrusivas:

- a) Diorita hornblédica.
- b) Granodiorita.
- c) Diorita-Granodiorita.
- d) Granito.
- e) Rocas Filoneanas.

No se tiene datos precisos para determinar la edad de los intrusivos. Las rocas más modernas cortadas por el batolito costanero son las volcánicas del grupo Toquepala cuya edad se considera entre el Cretáceo Inferior y comienzos del Terciario. El emplazamiento del batolito es Pre-Terciario Superior y puede ubicarse entre el Cretáceo Superior y comienzos del Terciario Inferior.

### **1.3.1.3 Geología Estructural**

En el área de Ilo y Locumba se reconocen dos aspectos estructurales importantes: Fallamientos en bloques de la cadena costanera y una depresión tectónica entre la cadena montañosa fallada y el pie de la Cordillera de los Andes.

Las fallas pueden agruparse de la siguiente forma:

#### **Falla Chololo**

Se le reconoce por una escarpa de rumbo S50°60°W que se extiende por cerca de 15 Km. La escarpa tiene más de 100 m. de altura. Esta falla corta en la mayor parte de su recorrido a rocas intrusivas, sin embargo, a la altura del cerro Chololo trunca a la formación Guaneros. La escarpa de falla se inclina hacia el Sureste, el bloque levantado es el del lado NW, el lado opuesto se presenta como una depresión cubierta actualmente por depósitos aluviales y eólicos.

#### **Falla Chaspaya**

Es una notable escarpa de más de 100 m. de altura y 10 Km. de longitud con rumbo S50° 70°W. La superficie de la escarpa se inclina hacia el SE con ángulo pronunciado.

La falla corta a rocas intrusivas en toda su extensión, el bloque levantado es el del lado NW, el lado opuesto se presenta formando una depresión alargada que se conoce con el nombre de Pampa Colorada. El extremo NE de la falla queda cubierto por depósitos detríticos Terciarios Cuaternarios y el extremo SW se interrumpe en un valle probablemente labrado a lo largo de una falla.

#### **Fallas Puite y el Abra**

Estas fallas se encuentran en el sector Sureste del cuadrángulo de Ilo, limitando un bloque elevado a manera

de "horst" orientado de NE a SW, en el cual quedan los cerros Puite, el Papal, Airampal y Huaca Luna.

La falla Puite corre por el lado noroccidental del bloque mencionado con rumbo S55°W, su tramo setentrional está señalado por una escarpa casi vertical de 3.5 Km. de largo, mientras que el tramo meridional parece continuar a lo largo de la quebrada Huaca Luna hasta su desembocadura en el mar.

La falla El Abra corre por el flanco Suroriental de los cerros Puite y el Papal. Está indicada por una escarpa de más de 15 Km. de largo con alturas próximas a 300 m. La escarpa de falla esta modificada por efecto de la erosión y está cubierta parcialmente por material detrítico, su continuidad hacia el Suroeste no ha sido observada pero se supone que sigue el curso de la quebrada Tacahuay. Su extremo opuesto termina en el borde de la planicie costanera.

#### Falla Alto los Chilenos

Es una escarpa alineada de 8 Km. de largo con un rumbo promedio de S30°W, la altura de la escarpa varía entre 80 y 100 m.

La falla disloca sólo rocas intrusivas, el bloque levantado es el del lado NW, el lado opuesto es una depresión cubierta por material detrítico, cuya forma de cuña es debida a la ocurrencia de otra probable falla que pasa por el lado Norte de la cadena del cerro Morrito.

La Depresión Costanera es una unidad estructural que ha sido reconocida regionalmente desde el área de Atico hacia el Sur. Se presenta como una faja de territorio plano o suavemente ondulado que se extiende con anchos variables de 40 a 60 Km. entre la Cordillera de la Costa y el pie de la Cordillera Occidental de los Andes.

Esta estructura regional es considerada como una depresión tectónica que actualmente está rellena por las rocas de las formaciones Moquegua y Huaylillas y depósitos más recientes del Cuaternario, ostentando en conjunto un perfil llano que se ha estudiado como una unidad geomorfológica denominada Pampa Costanera.

Las capas de la formación Moquegua se presentan ligeramente onduladas, pero predomina una tendencia hacia el NE con buzamientos de 7° a 20° al SE, excepcionalmente llegan a 35° en las zonas donde se presentan flexuramientos.

Los tufos de la formación Huaylillas tienen una posición sub-horizontal y otras veces siguen la inclinación de la formación subyacente, constituyendo en algunos casos "laderas estructurales".

### **1.3.2 Zona de Moquegua.**

#### **1.3.2.1 Estratigrafía**

Las unidades litológicas mapeadas en el cuadrángulo de Moquegua aparecen representadas en la **Figura 1.6**, se describen a continuación las relaciones estratigráficas de las diferentes formaciones.

#### **Grupo Toquepala**

Nombre dado por Bellido y Guevara (1963). No se han encontrado fósiles que nos puedan indicar la edad de este grupo en los escasos horizontes de rocas sedimentarias. Regionalmente, los volcánicos del grupo Toquepala sobreyacen con discordancia angular al grupo Yura del Jurásico-Superior Cretáceo-Inferior e infrayacen con igual relación a la formación Moquegua considerada del Mio-Plioceno. En conformidad a estas relaciones amplias y generales la edad del grupo Toquepala está

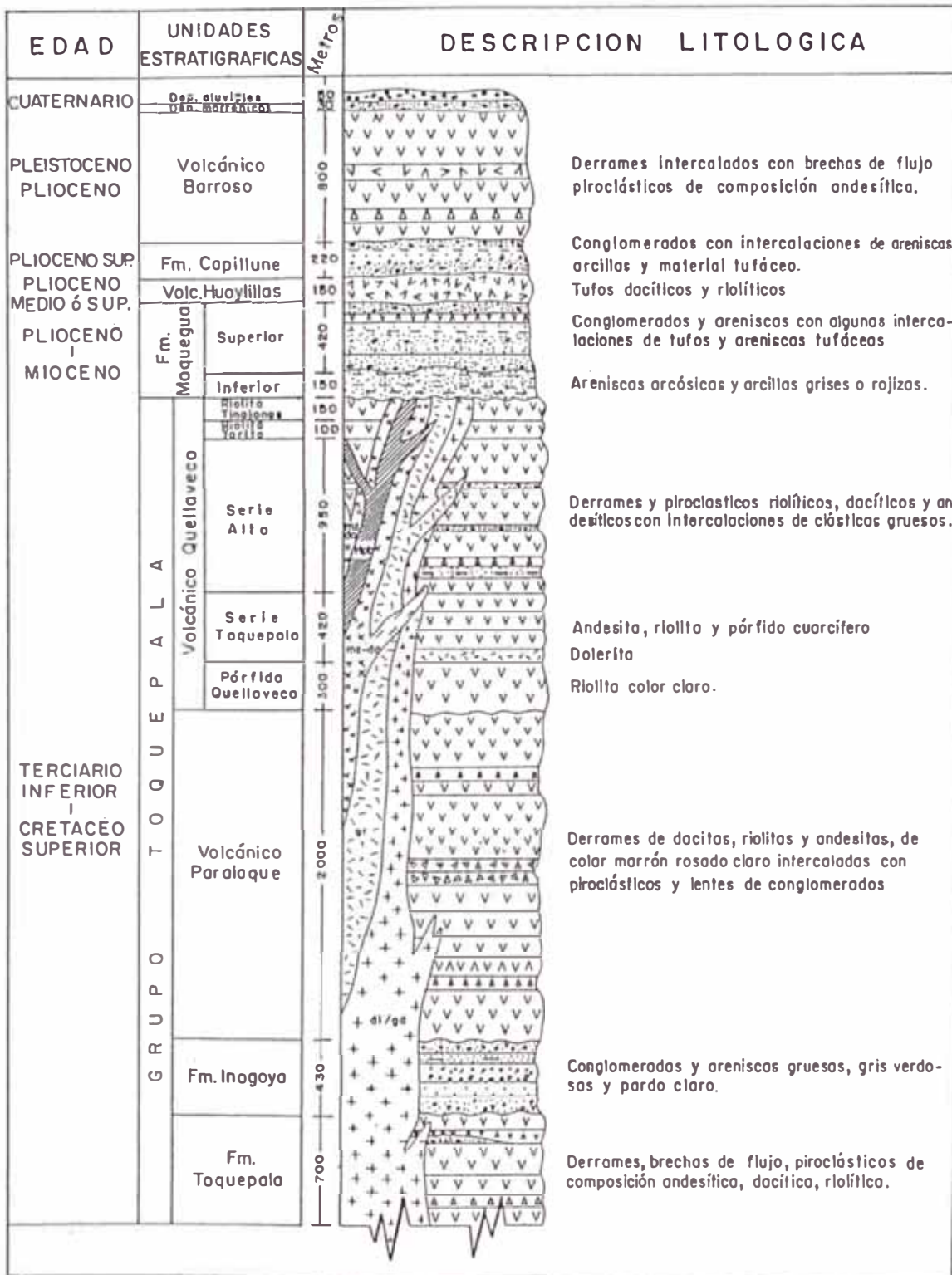


Fig. 1.6  
Columna estratigráfica compuesta del cuadrángulo de Moquegua



aproximadamente comprendida entre el Cretaceo Medio y el tope del Terciario Inferior. En el cuadrángulo de Moquegua el grupo Toquepala se ha dividido en las formaciones Volcánico Quellaveco (potencia de 1 920 m.), Volcánico Paralaque (potencia de 2 000 m.), Formación Inogoya (potencia de 430 m.) y Formación Toquepala (potencia de 700 m.).

### Formación Moquegua

Denominación dada por Adams (1 908). En la formación Moquegua no se ha encontrado evidencias paleontológicas para determinar su edad, por ello su ubicación geocronológica esta basada sólo en su posición estratigráfica. La formación sobreyace con la discordancia erosional a los volcánicos del grupo Toquepala asignados al intervalo Cretaceo-Superior Terciario-Inferior, por parte infrayace con igual relación a los tufos Huaylillas considerados como del Terciario Superior (Plioceno). Según la relación anotada, la formación Moquegua estaría ubicada en el Terciario Superior y con relaciones de caracter regional; probablemente corresponde a los niveles del Mio-Plioceno. Esta dividido en las formaciones Superior (potencia de 420 m.) e Inferior (potencia de 150 m.).

### Formación Huaylillas

Con esta denominación Wilson y Garcia (1 962) describe los tufos dacíticos y riolíticos de colores blanco grisáceo, gris blanquesino y rosado. Se presenta mayormente en el cuadrángulo de Moquegua donde sus afloramientos se hallan distribuidos a manera de parches irregulares o lenguas que cubren las superficies entre quebradas adyacentes. Tiene una potencia de 150 m. No se dispone de ninguna evidencia para determinar la edad de estas rocas volcánicas; sobreyacen con discordancia a la formación Moquegua considerada del Mioceno-Plioceno e infrayace a la formación Capillune supuesta del Plioceno-superior; en

consecuencia, a falta de mayores pruebas, se asigna a esta formación una edad Plioceno medio-superior.

### Formación Capillune

Mendivil (1 962) denominó así a esta secuencia de conglomerados, areniscas, arcillas y tufos redepositados de origen lacustre. Con una potencia de 220 m. Aflora típicamente en la localidad de Capillune del Cuadrángulo de Mauri, pero en el de Moquegua aflora en el extremo Noreste en los alrededores del poblado de Azana. En los sedimentos de esta formación no se han encontrado fósiles; a falta de evidencias paleontológicas su edad es sólo aproximada y queda determinada por su posición estratigráfica. Suprayace al volcánico Huaylillas, considerado Plioceno medio a superior e infrayace al volcánico Barroso de supuesta edad Pleistocénica. Por las razones citadas se refiere la formación al Plioceno superior.

### Formación Barroso

Wilson y García (1 962) describieron así a esta formación cuya composición es predominantemente andesítica, traquítica y traquiandesítica. Las rocas de la formación consisten en derrames intercalados con brechas de flujos piroplásticos de color gris claro, gris pardo hasta gris oscuro. Tiene una potencia de 800 m. Forman la cordillera que pasa por la esquina Noreste del cuadrángulo de Moquegua, representada por los volcanes Arundane (5 247 m.) y Chuquimanta (5 428 m.). En base a consideraciones generales de estratigrafía y relaciones regionales, se ubica el volcánico barroso en el Terciario Superior Cuaternario.

### Depósitos Morrenicos y Fluvioglaciales

De edad Cuaternaria, localizado cubriendo los flancos bajos de los volcanes Arundane y Chuquimanta. Tiene una potencia de 30 m. El material morrénico se compone de una

mezcla heterogénea de cantos angulosos de rocas volcánicas en una matriz areno-arcillosa.

### Depósitos Aluviales

De edad Cuaternaria (reciente), se desarrollan inmediatamente delante del frente andino entre los valles de Moquegua y Locumba. Se compone de cantos redondeados, sub-angulosos y angulosos de toda clase de rocas, pero mayormente volcánicos de colores morado, pardo, negro, etc., de 5 a 30 cm. de diámetro englobados en una matriz areno-arcillosa.

#### **1.3.2.2 Rocas Intrusivas**

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

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

Se ha cartografiado los siguientes grupos de rocas intrusivas:

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

El orden corresponde al emplazamiento relativo de los cuerpos intrusivos.

### **1.3.2.3 Geología Estructural**

Las fallas constituyen las estructuras más importantes del cuadrángulo de Moquegua, en cambio los pliegues son muy escasos y relativamente pequeños, no vienen a ser más que leves ondulaciones que afectan a la formación Moquegua del Terciario Superior.

Las fallas pueden agruparse de la siguiente forma:

#### **Sistema de Fallas Incapuquio**

Clasificada de tipo transcurrente, tiene desarrollo regional, una traza casi recta con dirección N 45°O con una distancia de 140 Km. y pasa inmediatamente al norte de Moquegua delante de los cerros Los Angeles, Estuquiña y Huaracane.

#### **Falla Micalaco**

Esta estructura queda a 6 ó 7 Km. al norte de la falla Incapuquio, es más o menos paralela a ésta y puede pertenecer al mismo sistema.

#### **Fallas del área de Otoma**

Entre los parajes de Otorá y Polobaya se han mapeado dos fallas paralelas de rumbo N-S que afectan las rocas del volcánico Paralaque.

#### **Fallas Menores**

En varias localidades de la zona se han mapeado otras fallas, de corto recorrido. Entre las más saltantes están:

a) La falla rumbo NO que pasa a unos 2.5 Km. al Oeste de Cuacone en forma transversal al valle del río Torata.

b) En el mismo valle del río Torata, a pocos Km. al Oeste del paraje de Ichupampa, se ha mapeado otra falla de rumbo EO y buzamiento próximo a la vertical.

No se ha observado pliegues producidos por esfuerzos de compresión. Las suaves ondulaciones y flexura que muestran las capas de la formación Moquegua, del Terciario Superior, probablemente se deben a reajustes de dichos sedimentos durante los movimientos post-orogénicos como son los reajustes del sistema de fallas Incapuquio, el levantamiento andino, etc.

### **1.3.3 Zona de Tacna**

El valle de Tacna está enmarcado dentro de una fosa tectónica, relleno con depósitos sedimentarios correspondiente fundamentalmente a sedimentos fluvio-aluvionales del cuaternario reciente y depósitos continentales de la formación Moquegua. La ciudad de Tacna se localiza en su mayor parte en depósitos aluviales del Río Caplina. En los últimos años Tacna ha crecido considerablemente existiendo poblaciones en antiguos terrenos de cultivo y laderas de cerro, de características diferentes a las del centro de la ciudad. En dichas áreas existen cenizas volcánicas y arenas producto del intemperismo de los depósitos volcánicos subyacentes.

El valle de Tacna es una extensa pampa limitada por pequeñas elevaciones, tales como los cerros de La Yarada, Espíritus, de la Garita, Magollo y otros; éstas fueron atravesadas por quebradas fundamentalmente en el sector Sur-Este del valle (Quebrada La Garita, Escritos, Viñane). En la dinámica del valle el Río Caplina ha jugado un rol muy importante rellenando de sedimentos el sistema de fosas de hundimiento (Tricart, 1963) ocurrido durante el Cuaternario, que van desde el litoral hasta Calana-Pachía y Challatita.

Las rocas más antiguas del valle están conformadas por el Volcánico Chocolate de composición andesítica y la Formación Guaneros compuestas de lutitas calcáreas, areniscas y calizas. Estas formaciones vendrían a conformar el piso de un acuífero existente. Sobre estas rocas descansan los depósitos continentales de la Formación Moquegua, que consisten de arenas tufáceas, areniscas, conglomerados y lutitas, siendo los conglomerados los que tienen intercalaciones de sedimentos finos.

Suprayaciendo a la formación Moquegua, se encuentra la Formación Huaylillas, ampliamente distribuido en el área de estudio, formación conformada de tobas de color rosado salmón con variaciones de textura.

Hidrogeológicamente estarían confinando al acuífero antes mencionado. Las formaciones recientes del Cuaternario, último de la columna estratigráfica, consiste de conglomerados volcánicos, material aluvial con intercalaciones de arenas y arcillas inconsolidadas, siendo estos materiales los que cubren gran parte del área estudiada; ubicándose fundamentalmente en los conos deyección de las diferentes quebradas, tales como: Caplina, Viñani, Honda y las pampas de La Yarada y Hospicio.

### **1.3.3.1 Estratigrafía**

A continuación son descritos, desde las más antiguas a las más recientes, las formaciones que afloran en el área de estudio, las volcánicas y sedimentarias pertenecientes a las eras Cenozoica y Mesozoica respectivamente, cuyas edades van desde el cuaternario y Terciario (rocas más jóvenes), al Cretáceo y Jurásico (rocas más antiguas), ver **Figura 1.7**

#### **Formación Moquegua.**

Corresponde a depósitos continentales de vasta superficie. Se le observa desde Atico hasta la frontera con Chile, teniendo su mejor exposición en el valle de Moquegua. Consiste de una secuencia de areniscas tufáceas lutitas,

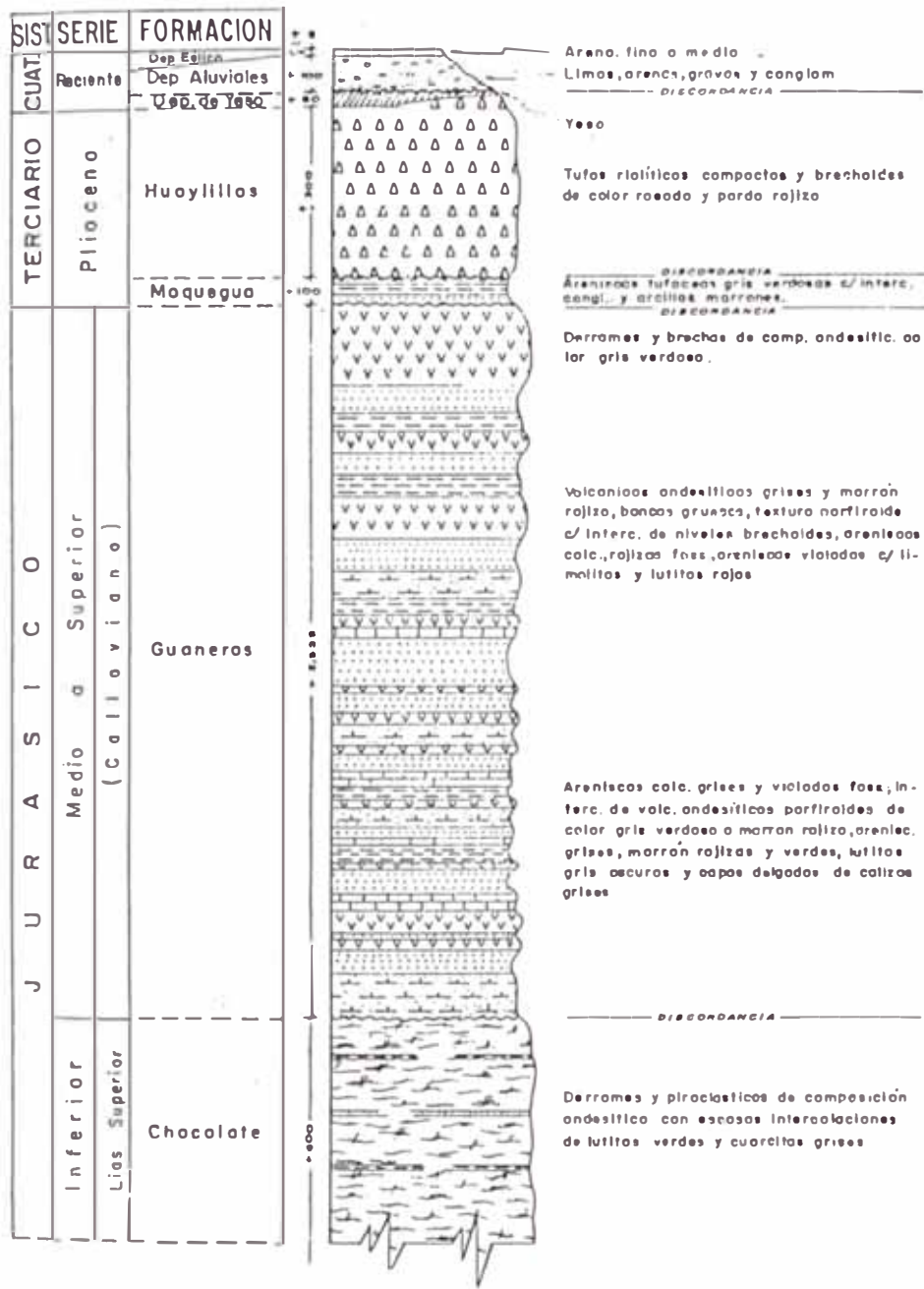


Fig. 1.7  
Columna estratigráfica compuesta de Tacna - La Yarada

areniscas arcóscicas y conglomerados, irregularmente estratificados, corresponde al Terciario Superior (Adams 1908).

### Formación Huaylillas

Practicamente toda la superficie del valle de Tacna se encuentra cubierto por un material de naturaleza volcánica, de color blanco-rosado al que se ha denominado "Formación Huaylillas" (Wilson 1962), en razón de su amplia exposición en aquel lugar. Aflora desde las proximidades de Moquegua hasta el norte de Chile. Estos depósitos están constituidos por Tobas Volcánicos de naturaleza ácida, de composición riolítica, dacítica y riodacita.

A lo largo del valle de Tacna estos materiales se presentan con una coloración rojiza, de aspecto masivo (al estado fresco) con abundantes granos de cuarzo, acompañado de biotita, flogopita y pomez algunas veces. Es muy susceptible al intemperismo, por ello forma gruesas costras de material en desintegración acompañado por una superficie de arena cuarzosa. En las cavidades libres de esta roca se encuentra sales de ClNa (Cloruro de Sodio). Por su débil resistencia al intemperismo no es recomendable su empleo en construcciones que exijan alta resistencia por unidad de superficie.

El origen de estos extensos depósitos se encuentra en la gran actividad volcánica que se desarrolló en el Terciario Superior.

### Cuaternario

Los depósitos del Cuaternario, a lo largo de este valle, comienzan a manifestarse desde Challatita y se prolonga hasta el final de la pampas de Hospicio y la Yarada. Están



representados por acumulaciones fluviales, aluviales, eólicos y por cenizas volcánicas.

La acción dinámica del río Caplina, a lo largo de su existencia (transporte y acumulación de materiales) a dado origen a mas de una terraza fluvial en el valle de Tacna.

### Depósitos Aluviales

Estos depósitos estan constituídos por conglomerados, arenosos y arcillas inconsolidadas que se intercalan irregularmente, los conglomerados consisten, principalmente, de trozos sueltos de piedra de forma redonda, angulares, sub-angular en diferentes tipos de rocas ignea, cuya dimensión varían entre los 30 cms. de sección predominando en termino medio los trozos sueltos de piedra de 10 a 20 cms.

En la zona de Tacna estos depósitos constituyen el cono de deyección del Río Caplina y de sus tributarios, en la zona de la Yarada los depósitos aluviales son encontrados en los bordes de la planicie costanera, el espesor de los depósitos aluviales varia desde pocos metros hasta mas de 100 metros.

Los depósitos aluviales constituyen en forma general el suelo de la zona urbana de la ciudad de Tacna, considerado como un buen suelo para sus construcciones a excepción de capas variables de suelo arcilloso y arenoso que compromete al diseño de cimentación de construcción de viviendas y edificios.

### Depósitos de Ceniza Volcánica

Puede considerarse como la manifestación de la última volcánica en el cuaternario reciente los grandes depósitos de ceniza volcánica de color blanco rosado, que se presenta

de modo preferente en la parte alta y media del valle, formando fajas hasta de 8 Kms. de longitud (calientes).

Se trata de un polvo fino, suelto, que incluye algunas veces fragmentos de pómez, con abundantes brechas delgadas y cristales de cuarzo.

Estos depósitos de ceniza, en profundidad, se compactan y se vuelven impermeables; de allí el peligro de su presencia en las perforaciones por agua.

#### **1.3.3.2 Rocas Intrusivas:**

No existen mayores afloramientos de roca ígnea intrusiva. En el cuadrángulo de La Yarada sólo se ha reconocido un pequeño apófisis de diorita, casi en el mismo litoral, al lado Sur de la boca del río Sama.

#### **1.3.3.3 Geología Estructural:**

Dada la escasa distribución de afloramientos de roca pre-Cuaternarias, no ha sido posible obtener en forma integral los aspectos estructurales derivados por fallamiento o plegamiento. La cubierta cuaternaria predominante en la región posiblemente encubre una sub-estructura de fracturamiento, ya que, al Norte de estos cuadrángulos, la faja aledaña a la costa está caracterizada por fallas de rumbo casi normal a la línea de playa que han producido un dislocamiento, en bloques.

En el área sólo se han observado pequeñas fallas que no han sido mapeadas.

## 1.4 POBLACION

A continuación se presentan los datos censales de población en los departamentos de Moquegua y Tacna, cuyos resultados pertenecen a los censos nacionales de 1 981 y 1 993 (preliminares)

En el Cuadro N° 1.1, se observa que el departamento de Tacna tiene una mayor tasa de crecimiento que el de Moquegua.

**Cuadro N° 1.1**

DEPARTAMENTO	POBLACION		TASA DE CREC. INTERCENSAL (PROMEDIO ANUAL)
	1 981	1 993	
MOQUEGUA	101 610	126 249	1.8
TACNA	143 085	215 653	3.5

(\*) Resultados preliminares del IX Censo Nacional de Poblacion, publicado el 26 de Setiembre de 1993  
Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

**Cuadro N° 1.2**

DEPARTAMENTO Y PROVINCIA	POBLACION		TASA DE CREC. INTERCENSAL (PROMEDIO ANUAL)
	1 981	1 993	
MOQUEGUA	101 610	126 249	1.8
GRAL. SANCHEZ CERRO	17 970	18 805	0.4
ILO	38 627	51 108	2.4
MARISCAL NIETO	45 013	56 336	1.9
TACNA	143 085	215 653	3.5
JORGE BASADRE	15 625	12 731	-1.7
TACNA	110 572	186 787	4.5
TARATA	8 043	7 843	-0.2

(\*) Resultados preliminares del IX Censo Nacional de Poblacion, publicado el 26 de Setiembre de 1993  
Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

Cuadro N° 1.3

DEPARTAMENTO Y PROVINCIA	URBANA (%)	RURAL (%)	TOTAL (%)
MOQUEGUA	84.3	15.7	100.00
GRAL. SANCHEZ CERRO	34.1	65.9	100.00
ILO	99.6	0.4	100.00
MARISCAL NIETO	87.1	12.9	100.00
TACNA	90.6	9.4	100.00
JORGE BASADRE	75.4	24.6	100.00
TACNA	93.7	6.3	100.00
TARATA	79.0	21.0	100.00

(\*) Resultados preliminares del IX Censo Nacional de Poblacion, publicado el 26 de Setiembre de 1993

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

En el Cuadro N° 1.2 se aprecia que las provincias de Mariscal Nieto e Ilo, en el departamento de Moquegua, son las que presentan la mayor tasa de crecimiento intercensal, esto se debe a que en ellas se encuentran las dos ciudades más importantes del departamento: Moquegua e Ilo; mientras que en el departamento de Tacna la provincia del mismo nombre presenta la mayor tasa de crecimiento intercensal, debido a que en ella se ubica la capital del departamento: la ciudad de Tacna.

Ambos departamentos muestran que sus poblaciones son netamente urbana siendo el de Tacna el que presenta el mayor valor, esto lo apreciamos en el Cuadro N° 1.3.

# CAPITULO II

## Geodinámica Interna de la Zona en Estudio

### 2.1 ORIGEN Y GENERACION DE SISMOS.

Se entiende por sismo, prescindiendo de la naturaleza de su origen, una sacudida violenta de la tierra. En forma más precisa, es la ruptura del equilibrio elástico de una región del interior de la Tierra, propagando las vibraciones elásticas que produce en todas las direcciones. Cuando ocurre un desplazamiento relativo a lo largo de una falla activa, se generan ondas que se propagan en todas las direcciones, y cuando el frente de onda cruza un punto determinado de la superficie terrestre ésta es obligada a vibrar. La vibración de la superficie terrestre durante un sismo, es producida por el paso de ondas a través de ella, las que han producido cambios bruscos en el estado de distribución de esfuerzos en equilibrio.

De acuerdo a su origen, los sismos se dividen en volcánicos y tectónicos. Los sismos volcánicos son, en general, de poca intensidad, y están directamente relacionados con la actividad de los volcanes. Los sismos tectónicos están relacionados con los procesos de deformación que dan origen a la formación de continentes y montañas; a este tipo pertenecen

los sismos fuertes. Los desplazamientos relativos de los lados de una falla, producidos por un sismo, pueden, a veces, ser observados directamente, como la Falla de San Andrés, en California, que se habría desplazado una extensión de 300 km.

El estudio de los diferentes sismos ocurridos, indican que éstos pueden originarse hasta profundidades de 600 km. bajo la superficie de la Tierra; pero los movimientos que producen intensidades suficientes para ser de significación en ingeniería, se producen a profundidades menores de 100 km. de la superficie, siendo especialmente destructivos, los originados a 15 ó 25 km. de profundidad.

A partir de mediados del siglo XX, se aceptó que las causas volcánicas son tan sólo responsables de una pequeña parte de la actividad sísmica (aproximadamente el 5%), y que los sismos no volcánicos ocurren en regiones geológicamente jóvenes, en las que existen montañas en formación en la vecindad de fallas activas.

Evidentemente, el concepto que se tiene sobre las causas que dan origen a los sismos superficiales, no pueden ser aplicados a los sismos profundos. Mientras los superficiales, en su gran mayoría, tienen el mecanismo de plano de falla, es decir, deben su origen a causas tectónicas, los sismos profundos, según Benioff (1963), parecen originarse por cambios que se producen en el estado de la materia.

Si consideramos que a profundidades mayores de los 400 km., que es donde se producen los sismos profundos, existen presiones del orden de 140 000 atmósferas que comprimen el material, además de las elevadas temperaturas existentes, es comprensible suponer que dichos materiales no tienen la libertad de acción necesaria como para que se produzcan desplazamientos.

Hoy en día, se sabe que el mayor porcentaje de los fenómenos sísmicos, es producido por fracturas o fallamiento dentro de las partes superiores del manto y la corteza, sin descartar del todo, a las erupciones volcánicas, cambios de fase, explosiones nucleares y otros fenómenos menores, que más bien son causantes de sismos débiles.

La energía elástica acumulada a lo largo del tiempo en las zonas de convergencia o de movimientos relativos entre diferentes bloques de la corteza, se libera súbitamente cuando se producen desequilibrios. La energía liberada se debe disipar para que el medio pueda retornar a su condición de equilibrio. La disipación se produce por el desplazamiento del estado de esfuerzos liberados. La disipación obedece a los fenómenos de fricción y debilitamiento de la intensidad energética a medida que las ondas se alejan de la fuente que las originó (Sarria, 1 990).

En el proceso de radiación existen tres dominios de transferencia, llamados los campos cercano, intermedio y lejano. El más complicado de estudiar analíticamente, el cercano, es el de mayor interés para la ingeniería sísmica, puesto que en éste las características de la fuente son significativas; no es así en los otros dominios. Además, en el campo cercano las aceleraciones, velocidades y desplazamientos de las partículas del medio transmisor llegan a sus máximos valores.

La energía liberada se irradia desde el origen del sismo de manera tridimensional en forma de ondas elásticas, a través de la masa terrestre llamándose a estas Ondas Corporales; y cuando estas ondas llegan a la superficie originan ondas que se transportan a través de la superficie divisoria por lo que se les llaman Ondas Superficiales.

Las Ondas Corporales se transmiten de dos maneras: Ondas Primarias y Ondas Secundarias.

- Ondas Primarias (P): Son ondas compresionales, y son similares a aquellas que portan la energía que transmite el sonido.

- Ondas Secundarias (S): Son ondas transversales, se asemejan a las observadas en una cuerda que se hace mover en un plano sujetando la cuerda a un extremo fijo y moviendo el extremo libre.

La velocidad de las ondas P, siempre es superior a la velocidad de las ondas S. Por este motivo a una estación sismológica siempre llegan primero las ondas P que las ondas S. Las ondas S tienen mayor capacidad de destrucción sobre las construcciones que las ondas P porque tienen

mayor amplitud con periodos relativamente similares. Por este motivo, el sismo que siente un observador se inicia con sacudimientos suaves que luego aumentan en intensidad.

Las Ondas Superficiales son:

- Ondas RAYLEIGH (R): Se desplazan por la superficie de tal manera que las partículas del medio transmisor describen trayectorias elípticas con el eje dirigido verticalmente.

- Ondas LOVE (L): Se asemejan a las ondas de cortante y producen vibraciones perpendiculares a la dirección de transmisión de la energía.

La velocidad de las ondas superficiales es similar a la de las ondas "S" y sus periodos dominantes son bastante mayores, lo cual les permite propagarse a grandes distancias con menor atenuación que las ondas internas, con patrones de radiación que semejan al de las "P" en el caso de las ondas "R" y al de las "S" en el caso de las ondas "L".

Las ondas "L" requieren para su propagación, es decir para su propia existencia, una especie de capa diferenciada del medio subyacente; esta capa tiene rigidez diferente a la del medio subyacente. Mientras que las ondas tipo "R" sólo requieren la existencia de la superficie para su propagación.

Los conceptos de magnitud e intensidad son términos que se emplean en la sismología para comparar un sismo con otro, por eso es importante que los conceptos sean definidos en el presente capítulo.

El concepto de magnitud lo introdujo C.F. Richter hacia el año 1935 con el propósito fundamental de poder comparar la energía liberada entre diferentes sismos.

Según Richter, físicamente, es la medida de la intensidad sísmica del terreno en un punto localizado a 100 kms. del epicentro.

Por intensidad debe entenderse el efecto local que sobre diferentes sitios produce un mismo sismo.



Es necesario observar la diferencia entre magnitud e intensidad. **magnitud** es energía liberada mientras que **intensidad** es efecto. Para un mismo sismo determinado habría una magnitud, mientras que intensidades habrá diferentes de acuerdo con la posición donde se evalúa y de la estimación de quien evalúa el efecto.

Escala para la evaluación de la intensidad existen posiblemente desde comienzos del siglo diecisiete. En la actualidad la escala de intensidades más empleada es la de Mercalli-Cancani, modificada por Wood-Newman, razón por la cual se le llama escala de Mercalli modificada, escala MM.

Lamentablemente la escala de Mercalli adolece de la subjetividad de los evaluadores, es muy probable que diferentes personas asignen diferente grado a un movimiento sísmico en la misma zona.

## **2.2 CARACTERISTICAS SISMICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO.**

### **2.2.1 Ubicación sísmica del Perú**

Según análisis sismo-tectónicos, existen en el globo terráqueo dos zonas bien marcadas de actividad sísmica. Ellas son: el Círculo Alpino-Himalayo y el Círculo Circum-Pacífico. En ambas zonas la actividad sísmica es muy intensa, especialmente en esta última donde han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos, quedando el 15% para el Círculo Alpino-Himalayo, y el 5% restante, se reparte en el resto del mundo.

La teoría tectónica de placas, explica la ocurrencia de sismos concentrados en franjas angostas, las cuales presentan tres tipos de frontera, distinguiéndose en base del tipo de sismo que ocurre en ellos; también, en forma inversa, se podría predecir para un determinado tipo de frontera, el tipo de sismo que podría ocurrir.

Los tipos de frontera mencionados, son los siguientes:

a) Al borde de dos placas, es decir, una zona de fractura, donde las placas se desplazan una a continuación de la otra. En este medio ocurren sismos poco profundos, resultantes del súbito desencadenamiento de la deformación acumulada, causada por esfuerzos horizontales. Estos tipos de sismos son corrientes en California, en el borde de las placas del Pacífico y América del Norte.

b) En el borde de las placas se desarrolla un fenómeno compresivo, en el cual una placa se desliza por debajo de la otra. Esto sucede con la Placa de Nazca, que se desliza por debajo de la Placa de América del Sur. En este medio, los epicentros de los sismos ocurren cerca a un plano que empieza en el piso de la zona oceánica y penetra en un ángulo de  $45^\circ$  debajo del continente (ver Figuras 2.1, 2.2 y 2.3)

c) El sufrir deslizamiento de material en la dirección del plano mencionado en el acápite anterior, hasta una profundidad de 700 kms.; es causa de los sismos profundos.

En términos generales, decimos que un sismo es una consecuencia secundaria del proceso de formación del suelo marino y de la colisión de las placas.

El Perú, según su geografía, pertenece al Círculo Sísmico Circum-Pacífico.

Con los datos sísmicos obtenidos, y con las evidencias geológicas, se determinaron las posibles zonas de fractura. Estas zonas de fractura no son otras que aquéllas donde hay actividad sismo-tectónica o geofractura, es decir, en las que se presentan fallas cubiertas o sea las que no presentan desgarramiento en la superficie.

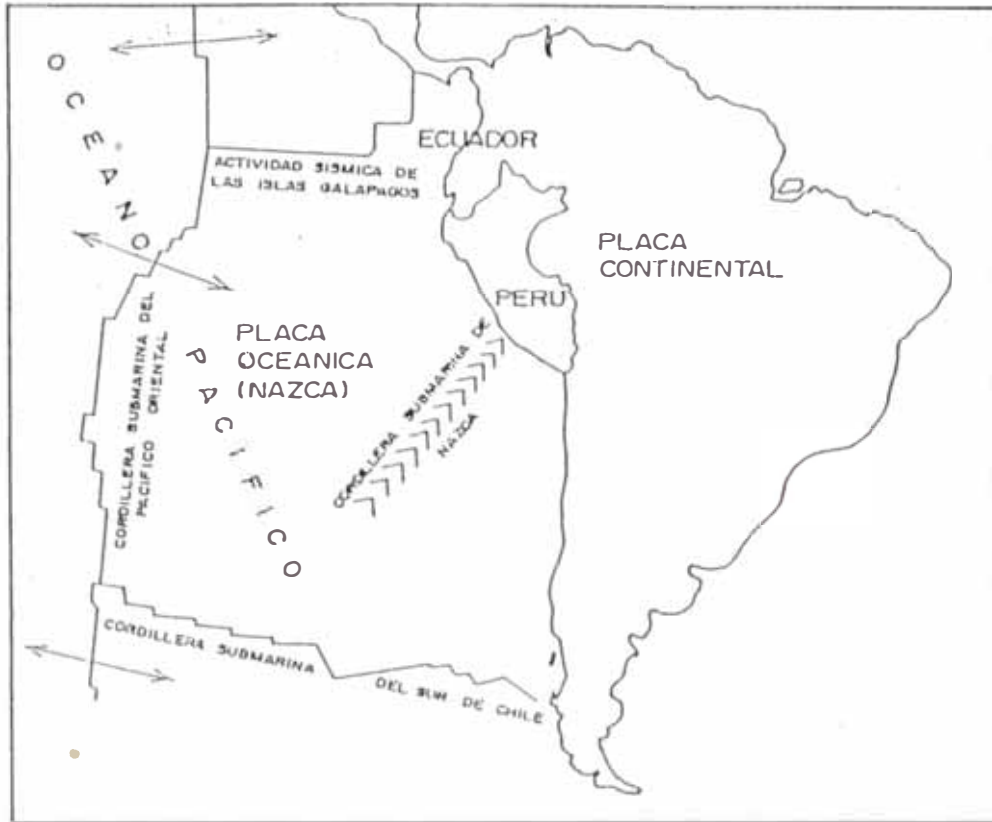


Figura 2.1: La Placa de Nazca limitada por cordilleras submarinas y las Islas Galápagos, es el fondo marino que se encuentra frente a nuestras costas y que ejerce presión sobre la Placa Continental. La interacción de estas dos placas da origen a movimientos sísmicos.

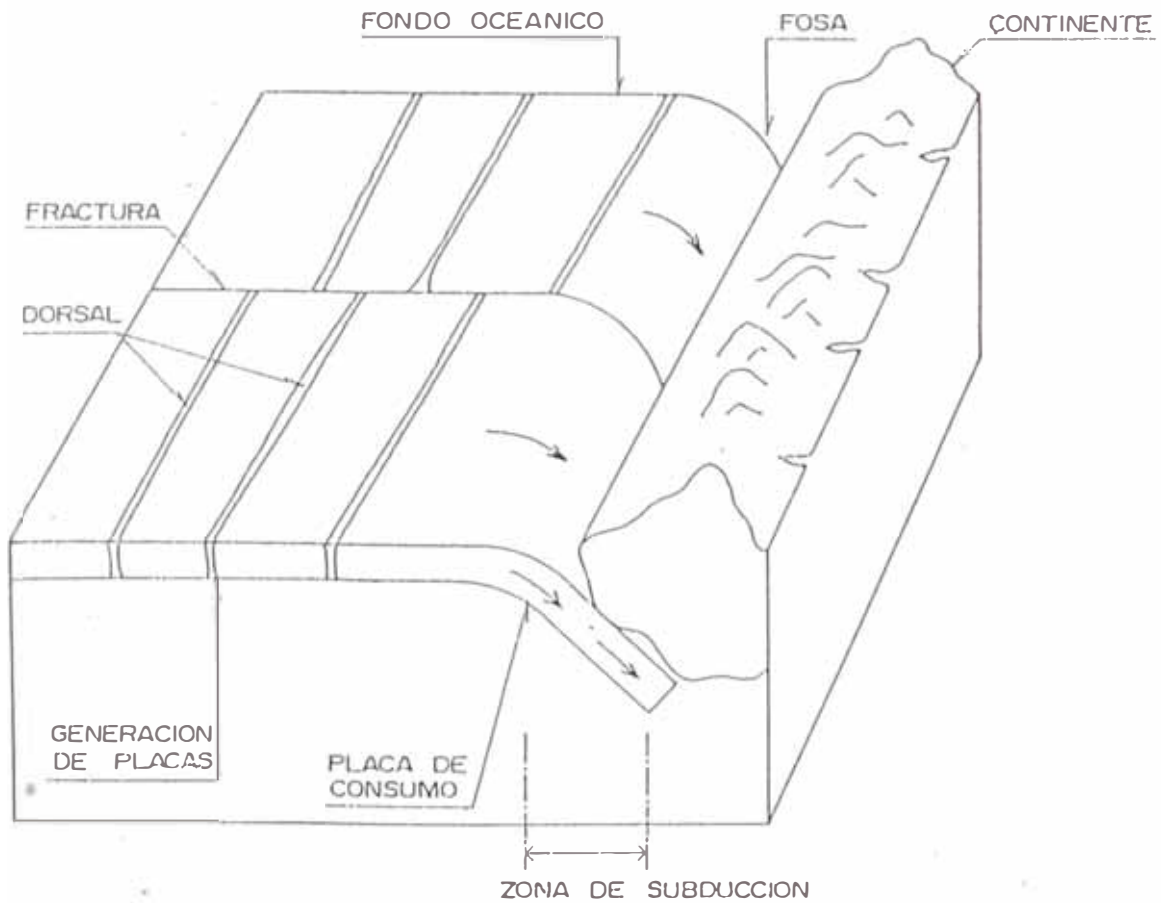


Figura 2.2: MECANISMO DEL MOVIMIENTO DE PLACAS.

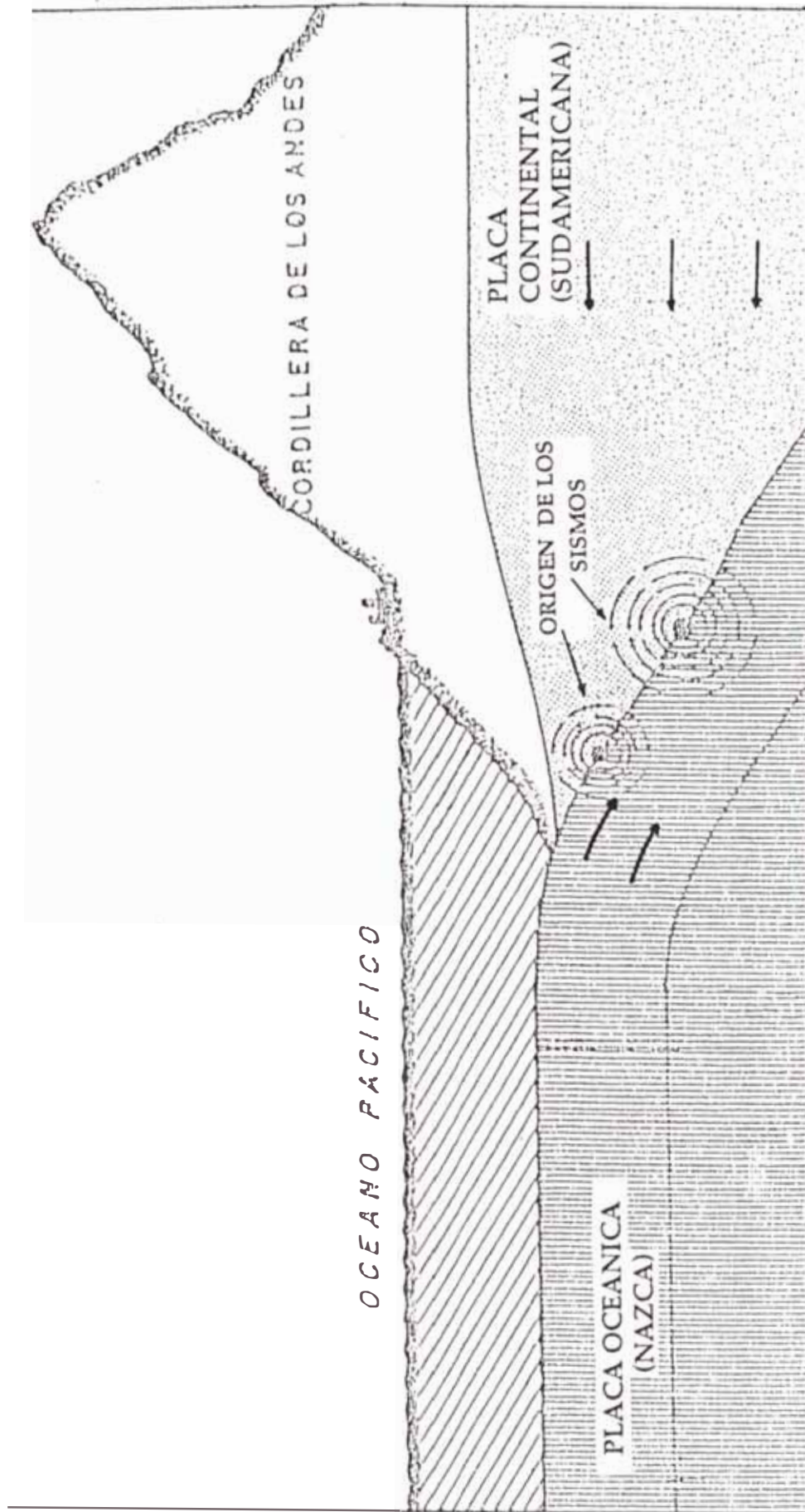


Figura 2.3: Sección transversal de la costa del Perú. La Placa Oceánica (Nazca) y la Placa Continental (Sudamericana) chocan entre sí originando sismos.

La geofractura de la costa, está localizada en la cadena costanera que va desde Arica hasta Paracas, y se pierde en el mar, para luego reaparecer en los cerros de Piura; corre paralela a la costa tierra adentro, de sur a norte, a unos 70 km. del mar, para posteriormente, internarse en el mar de Paracas, donde corre paralela a la costa, mar adentro, a unos 70 km de la playa, coincidiendo con la fosa de Lima. Los epicentros de los sismos de 1940, 1966 y 1970 se localizaron en la geofractura de la costa, y el epicentro del último sismo de 1974 no podía ser una excepción, localizándose en la geofractura que viene por la costa desde Arica y se pierde en Paracas.

La historia sísmica del Perú indica que el sur del país es una zona eminentemente sísmica donde han ocurrido un 30% de sismos destructores, además, los movimientos sísmicos de poca intensidad se suceden continuamente, en gran número, en esta región. Sin embargo, en la zona que va desde el centro al norte del país, los sismos destructores son más numerosos (42%), pero la actividad sísmica, es menor.

Se presenta en la **Figura 2.4** el Mapa Sismotectónico del Perú (Castillo 1993), en él se muestran todos los hipocentros del Catálogo Sísmico SISRA (1963-1990) y los rasgos neotectónicos indicados por Macharé et al (1991).

### **2.2.2 Proceso de Subducción entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana.**

El proceso de Subducción de la Placa de Nazca es parte de los movimientos de convección que suceden en el interior del planeta una de cuyas manifestaciones es la ocurrencia de sismos. En el territorio peruano y áreas vecinas el proceso de subducción no es uniforme; espacialmente la sismicidad de la zona de subducción muestra un patrón segmentado a lo largo del borde de colisión, esta colisión se inicia en la fosa marina de la frontera Perú- Chile y se extiende a profundidades intermedias hasta los 350 Km., en el Sur del Perú (Ocola, 1989). En el Perú y áreas vecinas, segmentos mayores son:

Zona del Norte de Chile - Sur del Perú.

Zona del Perú central - Sur del Ecuador.

La zona del Norte de Chile - Sur del Perú está comprendida entre Taltal (Chile), latitud 27°S, y la cortonsión del Norte de Arequipa, aproximadamente 15°S de latitud. En esta zona la actividad sísmica es continua desde la superficie, fosa marina, hasta los 350 Km. de profundidad. No hay actividad sísmica detectable entre esta profundidad y los 450 Km. aproximadamente (Ocola 1 989).

La distribución espacial de los sismos y la distribución de los grandes lineamientos transversales, señalan la existencia de cinco bloques sismotectónicos de alta y baja sismicidad distribuidos transversalmente a los Andes en el Sur del Perú (figura 2.5). Estos lineamientos parecen ser fracturas verticales que estarían afectando a la placa de Nazca que se encuentra debajo del continente; es en estas fracturas donde se presentan los cambios angulares de inclinación de la placa de Nazca en su proceso de descenso. El cambio más importante de inclinación de la placa de Nazca ocurre en la zona de transición sismotectónica identificada en la superficie por un sistema de lineamientos E-O, o sea de la región sismotectónica del Norte y centro peruanos donde el ángulo es de 10°, próxima a la fosa y casi plana a 150 - 200 Km. de la fosa; cambia brúscamente para adquirir un ángulo de 25°-30° cercano a la fosa y conseguir ser casi horizontal a 150 Km. aproximadamente de la fosa hacia el continente y a 100 Km. de profundidad aproximadamente. (Deza, 1 984).

Castillo (1 993) para la obtención del peligro sísmico en el Perú ha determinado veinte fuentes sismogénicas agrupandolas en:

- Fuentes de Subducción.
- Fuentes Continentales.

Las fuentes de Subducción modelan la interacción de las placas Sudamericana y Nazca. Las fuentes Continentales están relacionadas con la actividad sísmica superficial andina. En la figura 2.6 se presenta la ubicación de las fuentes continentales y

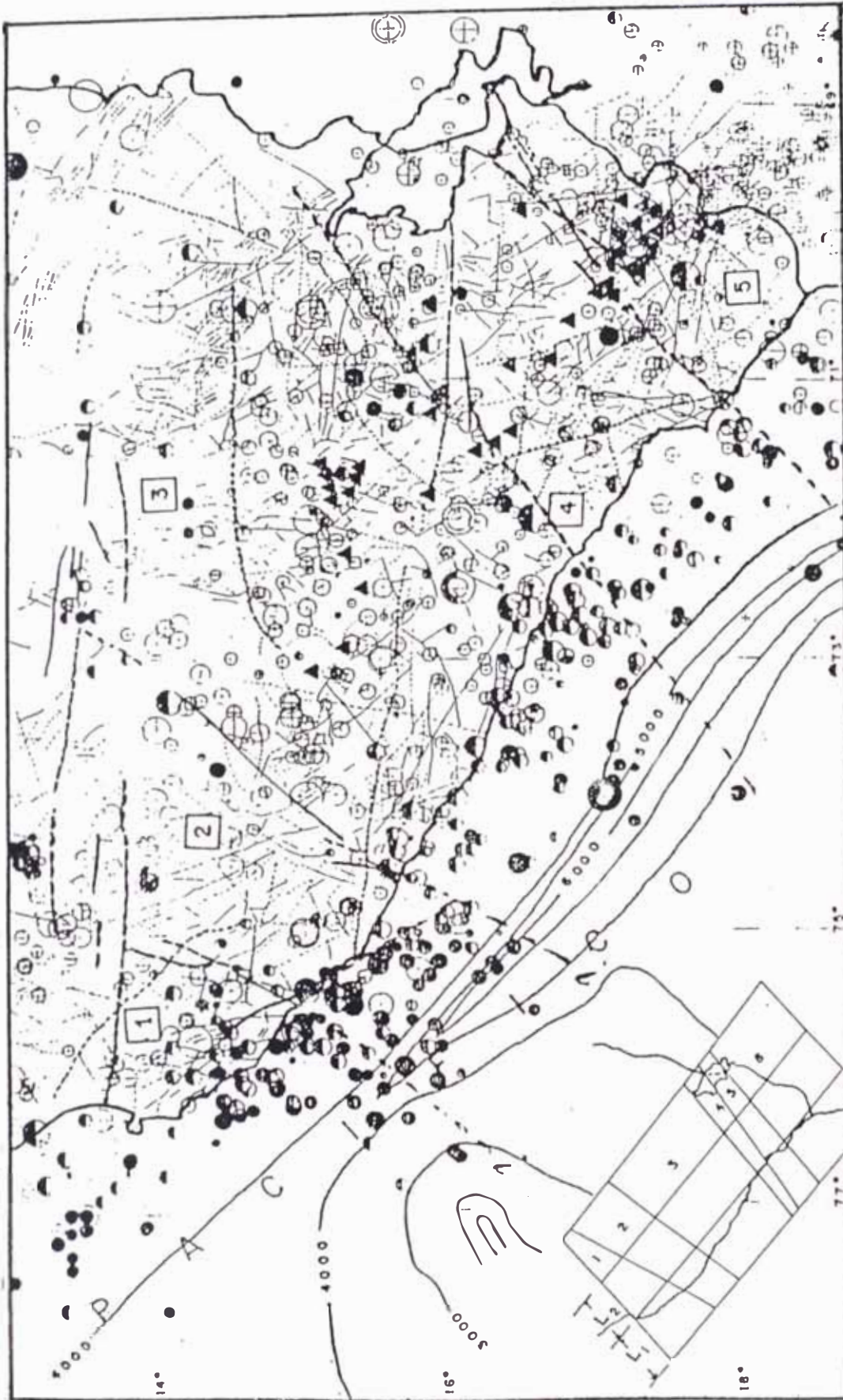


Figura 2.5: Mapa que muestra los cinco bloques sismotectónicos cuyos límites lo constituyen los lineamientos transversales señalados. Se muestra también los lineamientos y la distribución espacial hipocentral de la actividad sísmica 1963-1980; los círculos llenos corresponden a las profundidades de 0 a 33 Kms.; los círculos medio llenos para 34 a 70 Kms.; los círculos en blanco para 500 a 700 Kms.; los triángulos llenos representan los volcanes cuaternarios; por número dentro de los cuadrados identifican el bloque sismotectónico respectivo. (DEZA 1984).

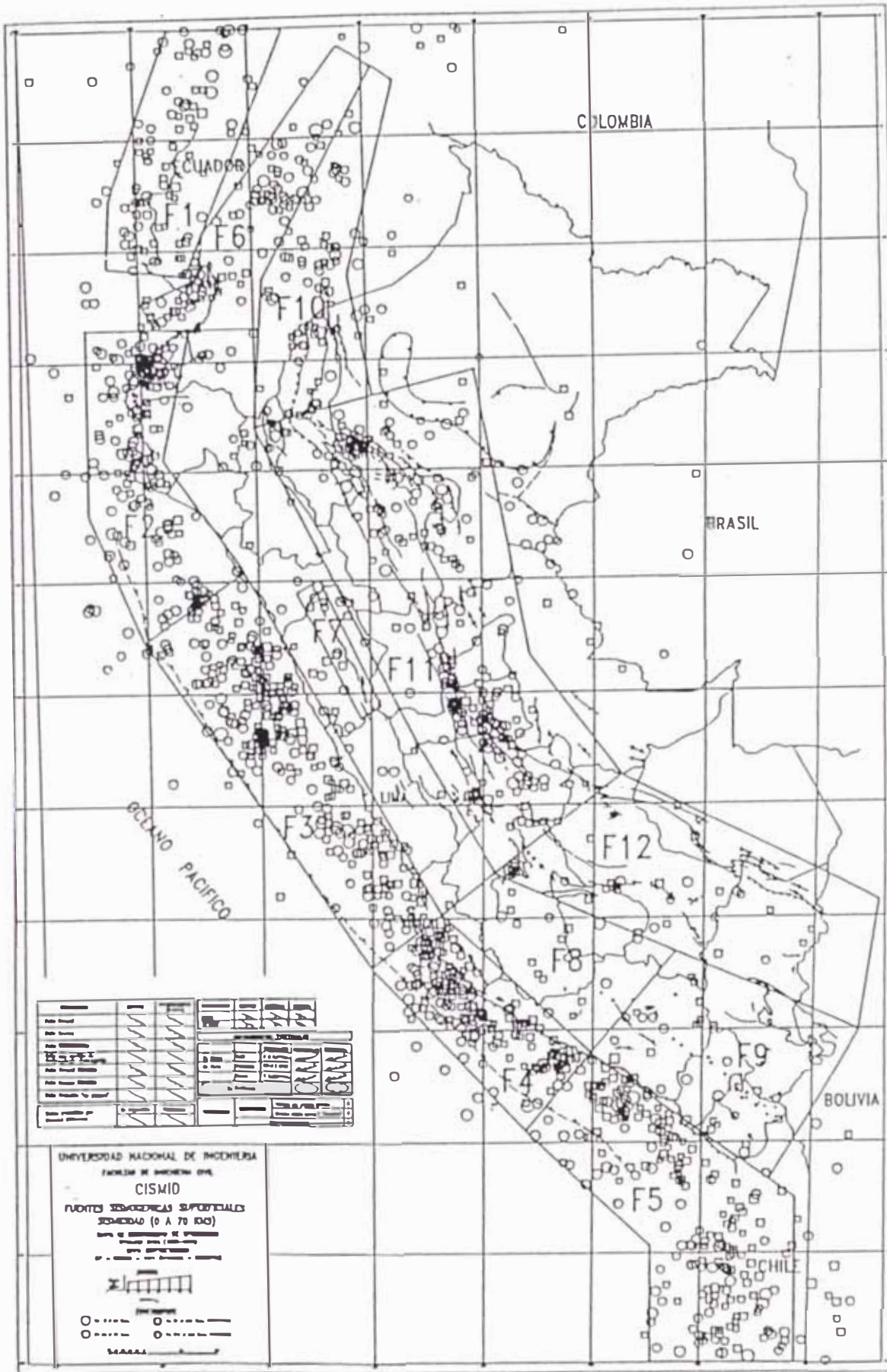


Figura 2.6: FUENTES CONTINENTALES Y FUENTES DE SUBDUCCION SUPERFICIALES (0-70 Km.) (Castillo 1993).



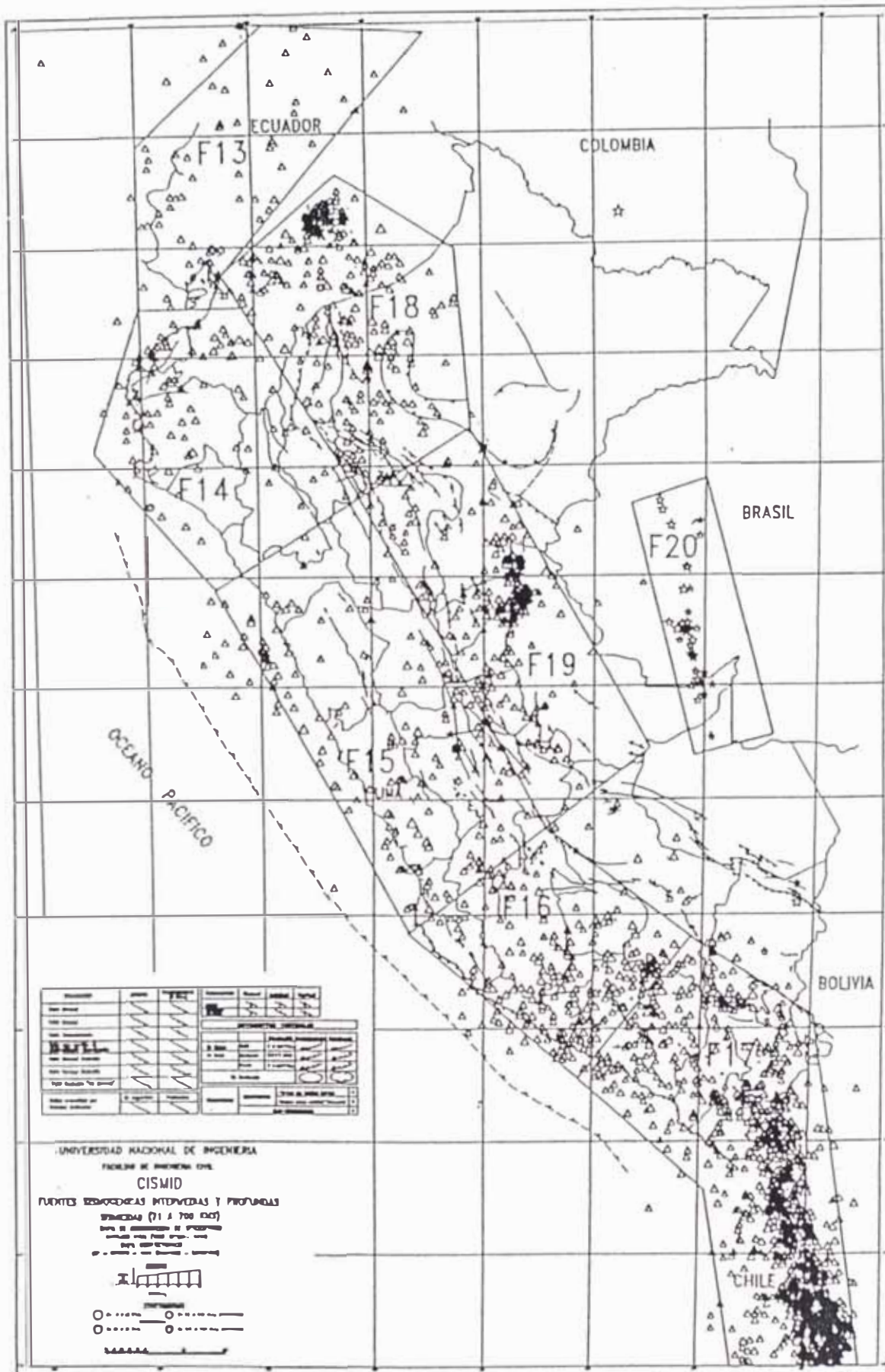


Figura 2.7: FUENTES DE SUBDUCCION INTERMEDIA (71-300 Km.) Y PROFUNDA (500-700 Km.) (Castillo 1993).

fuentes de subducción superficiales (0 - 70 Km.), formando dos fajas longitudinales a los andes. En la figura 2.7 están ubicadas las fuentes de Subducción intermedio (71 - 300 Km.) y profundo (500 - 700 Km.).

En el Anexo "A" se presentan los cortes transversales al mapa Sismotectónico de un ancho de 200 Km. los cuales se muestran en las figuras A-1 al A-4, los que corresponden a la zona Sur del Perú y Norte de Chile. En base a estos cortes se observa que la placa de Nazca subduce a la Continental en la zona Norte y Centro del Perú con una pendiente aproximada de 20° en los primeros 70 Km. para luego cambiar a un valor aproximado de 10°. En la zona Sur del Perú y Norte de Chile la pendiente es más pronunciada con un valor aproximado de 25° y 30° (Castillo 1993).

### 2.3 HISTORIA SISMICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La zona de estudio, comprendido por los departamentos de Moquegua y Tacna es la región que ha experimentado cinco grandes sismos ocurridos en los años 1 604, 1 687, 1 784, 1 868 y 1 877 cuyo intervalo de tiempo de los cuatro primeros es del orden de los 100 años, por ello se le considera una zona de Silencio Sísmico o Brecha Sísmica. La Brecha Sísmica se define como una zona geográfica reconocida como sísmica pero donde ha transcurrido un tiempo muy largo sin que la región haya experimentado un sismo importante.

En la **Figura 2.8** se presenta el mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (ALVA ET AL 1 984), la parte correspondiente a los departamentos de Moquegua y Tacna se aprecia en la **Figura 2.9**, la sismicidad histórica nos muestra que en estos departamentos se han producido intensidades de hasta IX grados en la escala de Mercalli Modificada.

En las **Figuras 2.10 y 2.11** se presentan las curvas isosismas correspondientes a los dos últimos sismos destructores ocurridos en la frontera Perú-Chile, estos mapas han sido desarrollados por Kausel (1981).

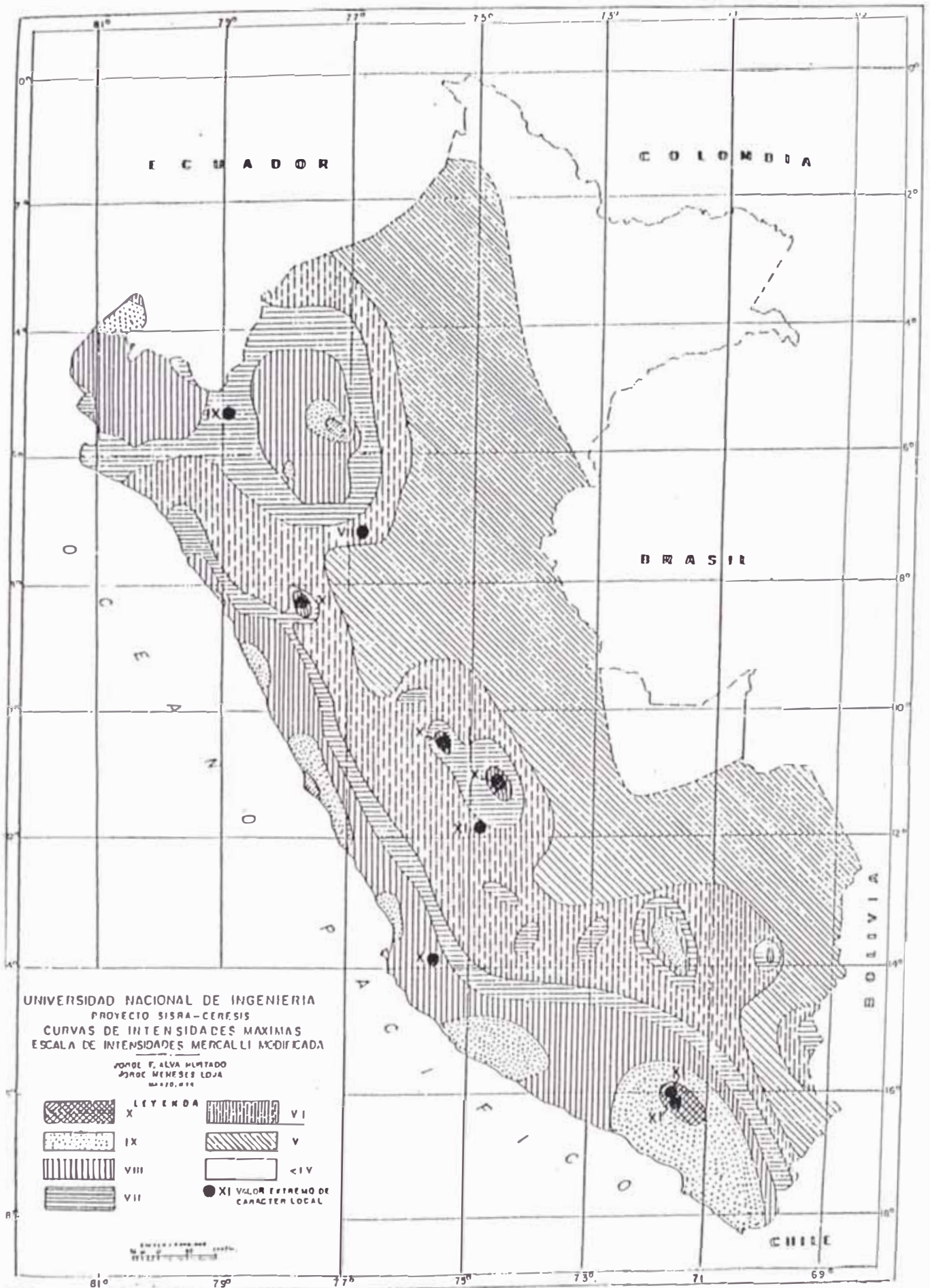
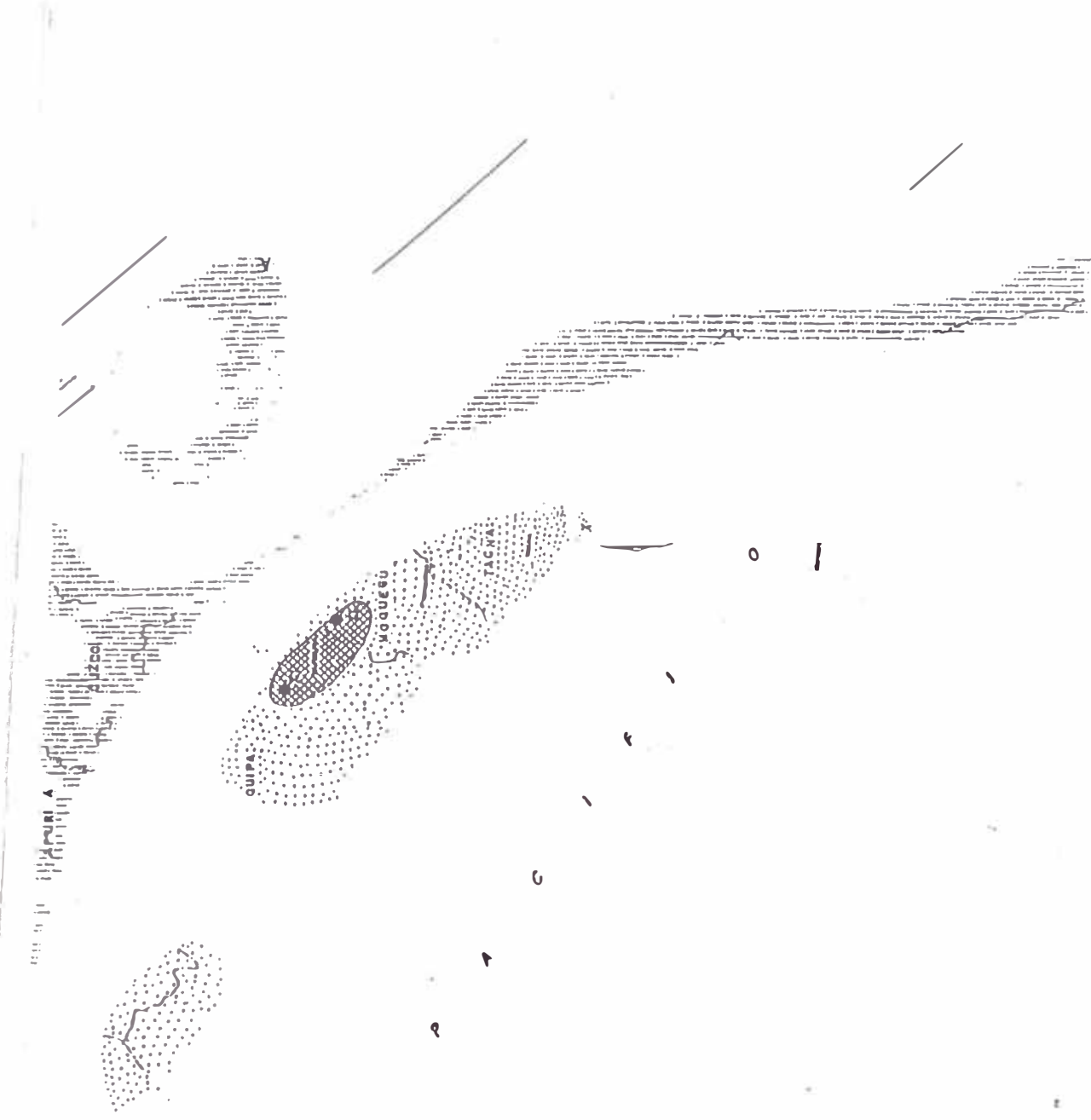


Figura 2.8: MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS OBSERVADAS EN EL PERU (ALVA ET AL, 1984).

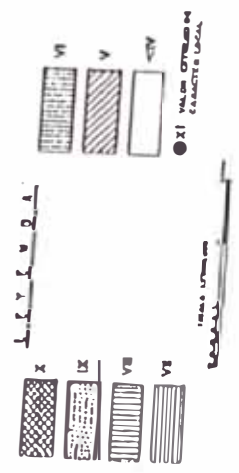


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CISMID

RIESGO SISMICO DE TACNA  
 MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMAS INTENSIDADES  
 SIMBOLIZADAS

FIGURA: ALVA ALVARO ET AL. 1984



MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS OBSERVADAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE AREQUIPA MOQUEGUA Y TACNA (ALVA ET AL, 1984).

Figura 2.9:

A continuación, se presenta la lista de los sismos más notables ocurridos durante el período 1582 a 1960, recopilación efectuada por Enrique Silgado (1978).

- **1582, Enero 22, 11 y 1/2 horas.** Terremoto que dejó en ruinas la ciudad de Arequipa, sintiéndose en forma considerable en Moquegua.

- **1590.** Temblor fuerte en el Cuzco y otro en la costa sur que estremeció violentamente el pueblo de Camaná y Torata.

- **1600, Febrero 19, a 05:00 horas.** Hubo un fortísimo temblor en Arequipa causado por la explosión del cráter del volcán Huaynaputina (Omate), siguió una lluvia de cenizas que cubrió el cielo de esa ciudad y el de las comarcas vecinas. La explosión fue precedida y seguida por una serie de temblores. El padre Descourt decía " las réplicas se hicieron sentir con tal continuidad que en las dos últimas horas se notaron más de doscientos remezones tan fuertes y terribles que todos los edificios se desplomaron, con excepción de los más pequeños" . El 28 de Febrero ocurrió uno de los más intensos temblores de esa serie que derrumbó las casas que habían quedado en pie. En Omate e inmediaciones quedaron sepultados seis o siete pueblos, pereciendo todos sus habitantes.

- **1604, Noviembre 24, a 13:30 horas.** Gran terremoto y Tsunami en la costa sur, se destruyeron las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica; extendiéndose los daños hasta Ica. El movimiento se sintió en más de 1650 Km. de norte a sur y en más o menos 130 Km. de la costa al interior. El mar saliendo destruyó el Puerto de Arica donde murieron 23 personas y el Puerto de Pisco. Se estimaron los daños en más de un millón de pesetas. En el valle y Puerto de Ilo salió el mar casi media legua valle arriba arrancando muchas higueras ahogándose 11 indios e hizo pedazos una fragata de más de dos mil arrobas de porte que estaba en el astillero casi acabado. En Arica hubo fuerte movimiento, el mar anegó toda la villa, derribó casas, las dejó arrasadas de arena. La gente se salvó en un monte (El Morro) que está junto a la Villa. Hizo muchos daños por toda la costa.

- **1615, Setiembre 16.** Al anochecer un violento sismo derribó la Iglesia Mayor de Arica y los nuevos edificios construidos después del terremoto

de 1 604, otros amenazaban desplomarse. Mayores daños sufrió la ciudad de Tacna donde quedaron arruinadas la iglesia y todas las casas de calicanto y adobe.

- **1 687, Octubre 21, entre 6 y 7 horas.** Fuerte sismo en Arequipa que también causó daños en la ciudad de Moquegua.

- **1 715, Agosto 22, 19 horas.** Sismo destructor en el sur, en Arequipa averió casas, quedando muchas inhabilitadas. El viajero francés "La Bardinais Le Gentil" que había llegado a comienzos de Julio al Puerto de Arica decía que hubo temblor tan extraordinario que se hizo sentir en 200 leguas a la redonda, trastornando Arequipa, Moquegua, Tacna, Arica y otros pueblos. Los derrumbes de las partes altas sepultaron los pequeños pueblos ubicados en las colinas y en los valles. Sin embargo reparaba que pocas personas perecieron bajo las ruinas de las casas porque éstas eran de caña revestida con barro. Los movimientos de suelo se sucedieron por dos meses continuos.

- **1 716, Febrero 06.** Terremoto que destruyó el pueblo de Torata en Moquegua, causando gran mortandad, salvó solo el cura que había salido al campo a administrar sacramentos.

- **1 725, Marzo 27.** Conmoción en toda la costa sur del Perú debido a un gran sismo. Sufrió daños el pueblo de Camaná, saliendo el mar.

- **1 784, Mayo 13, 07:36 horas.** Terremoto en Arequipa que dejó en ruinas esa ciudad, causando grandes daños también en Moquegua.

- **1 831, Octubre 08, 21:15 horas.** Temblor muy fuerte en Moquegua, Tacna y Arica y en el interior del departamento de Arequipa. En Arica resultaron varios muertos y heridos a consecuencia del desplome de varias casas. Sentido en Oruro y otros lugares de Bolivia.

- **1 833, Setiembre 18, 05:45 horas.** Sismo que redujo a escombros parte de la ciudad de Tacna y causó daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabayá. Dejó un saldo trágico de 18 muertos y 25 heridos. Sentido en la Paz y Cochabamba, Bolivia.

- **1 868, Agosto 13, 16:45 horas.** Terremoto grado XI acompañado de un Tsunami. El historiador Dr. J. T. Polo se refiere a este sismo como uno de los mayores que se hayan verificado en el Perú desde su conquista. Las observaciones macrosísmicas indicaron que el epicentro del terremoto estuvo cerca del Puerto de Arica. Sufrieron ruinas las ciudades de Arequipa, Moquegua, Torata, Tacna y Arica. El radio del área más conmovida abarcó como unos 700 Km<sup>2</sup>. Las estadísticas indican de la época señalan que ha consecuencia del terremoto murieron como 180 personas en todo el Sur. Agrietamientos del suelo se observaron en varios lugares, especialmente en Arica, de las que brotó agua cenagosa. El Morro se fracturó igual que los cerros de la caldera, inmediatos a los baños de Yura (Arequipa). A este terremoto siguió un gran Tsunami, ene Arica serían como las 17:37 cuando se observó un impetuoso desbordamiento del mar. La primera ola alcanzó una altura de doce metros y arrasó completamente el puerto, llevándose en su vaciante todo lo que encontró al paso. Las salidas del mar arrasaron gran parte del litoral peruano, desde Pisco hasta Iquique, muriendo en Chala 30 personas, en Arica unas 100, y en Iquique 200. La agitación del Océano llegó hasta California, Hawai, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelanda. Se contaron como 400 movimientos ó réplicas, hasta el 25 de Agosto.

- **1 877, Mayo 09, 20:28 horas.** Terremoto destructor en las poblaciones de Mollendo, Ilo, Arica. Fue seguido de un Tsunami que inundó los puertos de Ilo y Arica, avanzando en éste último lugar más de seis cuabras. Más al sur fuerón arrasados los puertos de Pabellón de Pica y Mejillones, donde las olas alcanzarón 20 metros de altura y murieron 33 personas. Siguieron esa noche como 100 réplicas; la ola marina originada por esta conmoción se extendió casi por todo el Pacífico, llegando hasta las costas de Nueva Zelanda y Yokohama (Japón).

- **1 906, Mayo 04, 19:36 horas.** Intenso temblor en el Sur. En Tacna ocasionó derrumbes de casas y cuarteamientos de paredes. En Arica hubo otros desperfectos. Sentido de manera fuerte en Mollendo y en Iquique (Chile).

CURVAS ISOSISMAS  
 INTENSIDADES MERCALLI MODIFICADA  
 SISMO 13 DE AGOSTO DE 1868  
 (KAUSEL, 1981)

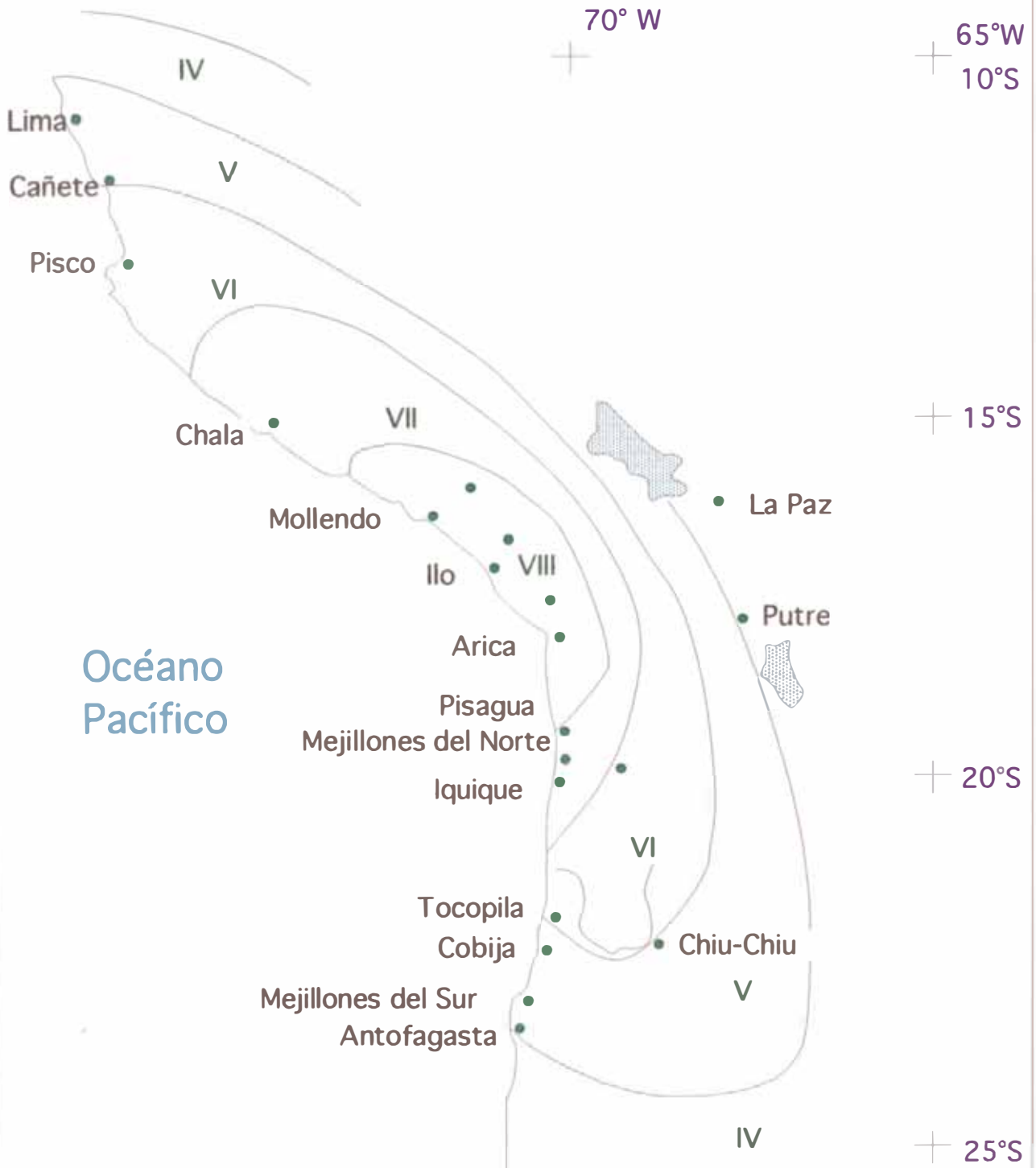


Fig 2.10



CURVAS ISOSISMAS  
 INTENSIDADES MERCALLI MODIFICADA  
 SISMO 09 DE MAYO DE 1877  
 (KAUSEL, 1981)  
 70°W

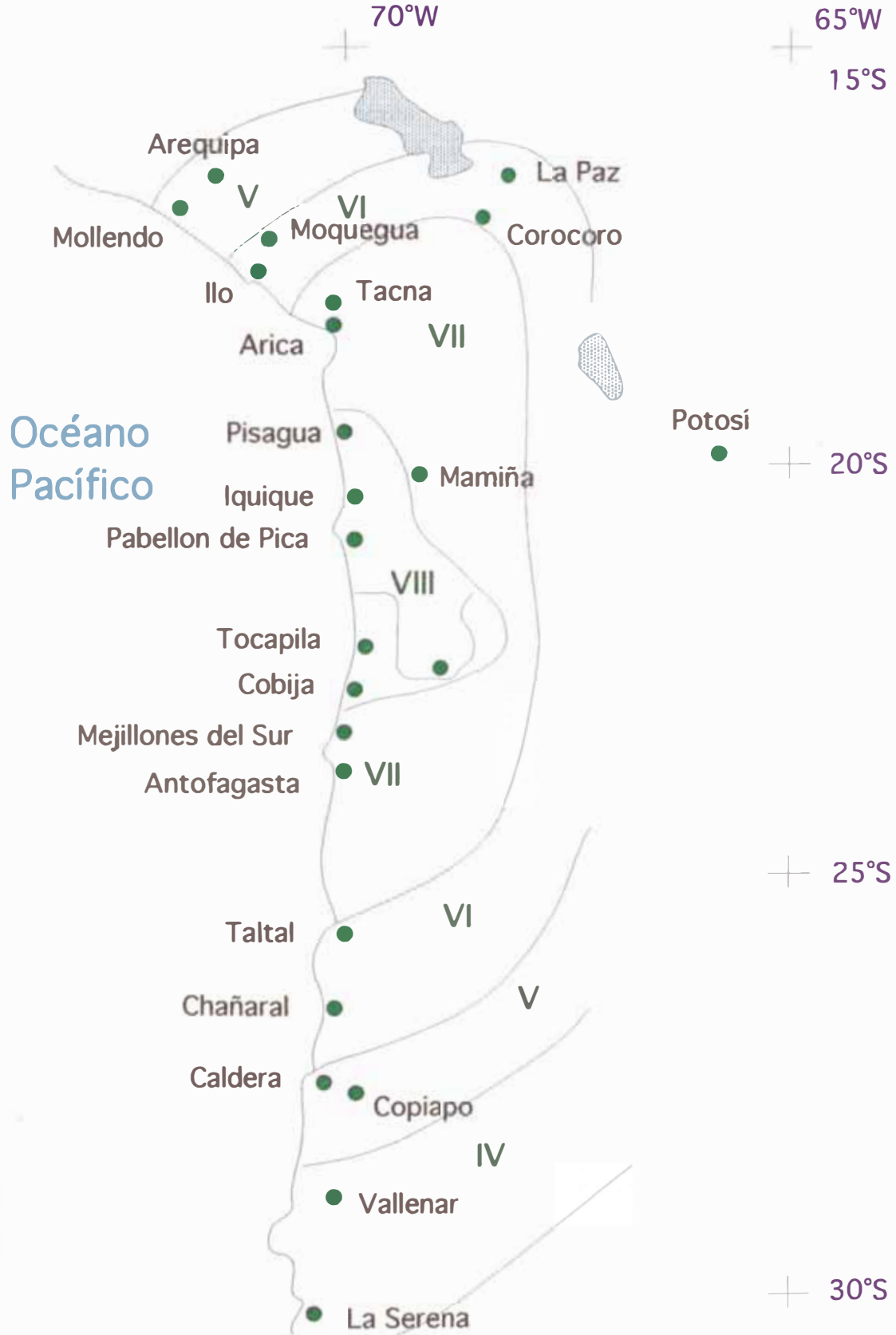


Fig. 2.11

- **1 908, Junio 16, 12:50 horas.** Sacudida de dos minutos de duración, que ocasionó desplomes de casas y cuarteaduras de paredes en Tacna y Arica. Sentido al Sur en Iquique (Chile).

- **1 939, Octubre 11, 09:51 horas.** Movimiento sísmico que causó daños en los edificios de las ciudades de Arequipa y Moquegua.

- **1 942, Agosto 24, 17:51 horas.** Terremoto en el límite de Ica y Arequipa, pero que fue sentido con regular intensidad en Moquegua.

- **1 948, Mayo 11, 03:56 horas.** Un fuerte movimiento sísmico en la región sur afectó parte de los Departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna. Los efectos destructores fueron máximos dentro de un área aproximada de 3500 m<sup>2</sup>, dejando un saldo de un muerto y 66 heridos. Los daños fueron de consideración en las construcciones antiguas de adobe y sillar de la ciudad de Moquegua, que ya había experimentado diversos desperfectos por los terremotos anteriores y que no se habían reparado debidamente, en cambio las construcciones recientes no sufrieron.

- **1 951, Octubre 03, 06:08 horas.** Fuerte temblor en el sur. En Tacna se cuartearon los muros de una construcción moderna de concreto y se produjo el derrumbe de una antigua construcción de adobe; intensidad VI M.M., sentido en Moquegua con una intensidad de grado V y fuertemente en la costa al sur de la frontera con Chile.

- **1 958, Enero 15, 14:14 horas.** Terremoto en Arequipa que fue sentido en Moquegua y Tacna.

- **1 959, Julio 19, 10:07 horas.** Intenso y prolongado movimiento sísmico sentido en Arequipa, Moquegua, Cuzco, Puno, Tacna. Ocasiónó daños materiales en Moquegua como el deterioro de las torres de los templos. Intensidad V-VII M.M.

- **1 960, Enero 13, 10:40 horas.** Terremoto violento que dejó en escombros a Chuquibamba (Arequipa) y fue destructor en Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina, Moquegua y Arequipa. Se sintió 750 Km. a la redonda.

## 2.4 SISMICIDAD INSTRUMENTAL.

A pesar de que se dispone de información instrumental desde comienzos de siglo, la ubicación de epicentros adolece de grandes errores (hasta de 1° geográfico: 110 Km.), debido al pequeño número de estaciones a nivel mundial que fué lentamente incrementándose hasta 1962.

Con la intención de tener idea de la sismicidad durante el presente siglo en los departamentos de Moquegua y Tacna, se presenta un catálogo de sismos desde 1913 hasta 1990 y que abarca la zona comprendida por las latitudes 16° y 18° Sur. Los sismos que se presentan son con  $M_s > 5.5$  y con profundidad  $0 < dep. < 150$  Km.

Este catálogo se ha elaborado en base a la información proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú. La magnitud está expresada en:

- $M_s$ , calculada usando ondas superficiales.
- $M_b$ , calculado usando las amplitudes de las ondas primarias o secundarias.
- $M_l$ , magnitud local.

La magnitud  $M_b$  posee un rango más amplio, es decir, se le puede calcular para cualquier rango de energía. Existe una relación entre las diferentes magnitudes que permite pasar de una escala a otra.

Para el área de estudio, se aprecia que en el presente siglo se han registrado mayoritariamente sismos superficiales, es decir con profundidades menores de 70 Km. y de varias magnitudes  $M_s$ , siendo el valor más alto el sismo del 16-02-79 con  $M_s=6.2$ .

El último sismo severo que afectó esta zona se presentó el 13-08-1868, calculándose que tuvo una magnitud de 8.5, habiendo transcurrido hasta el momento 126 años sin que ocurra un sismo de similar valor.

En la siguiente página se presenta el Cuadro N° 2.1 conteniendo el catálogo de sismos elaborado para la zona en estudio.

**Cuadro 2.1**  
**PARAMETROS FOCALES DE LOS SISMOS**  
**EN LOS DEPARTAMENTOS DE MOQUEGUA Y TACNA**  
**1913-1990**

FECHA			HORA			COORDENADAS		PROF.	MAGNITUD		
AÑO	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT.	LONG.	Km.	M <sub>a</sub>	M <sub>b</sub>	M <sub>l</sub>
1913	7	28	6	40	0	-16,6	-73,3	30	0	7	0
1922	10	11	14	49	50	-16	-72,5	50	0	7,4	0
1922	1	6	14	11	2	-16,5	-73	0	0	7,2	0
1923	9	2	22	38	12	-16	-68,5	150	0	7	6,1
1936	7	4	8	52	35	-18	-70	140	0	6	0
1936	9	16	17	44	13	-16	-72,5	130	5,5	5,8	0
1939	12	13	18	45	24	-17	-74	100	5,4	5,5	0
1939	9	13	18	3	30	-18,5	-70,5	130	5,5	5,8	0
1939	10	7	23	51	18	-18,5	-70	110	0	6	0
1939	5	19	18	25	35	-18	-69	100	0	6,3	5,4
1941	7	10	9	29	42	-18,5	-70	120	0	6	0
1943	7	5	21	7	54	-16	-74	0	5,9	6,8	0
1948	5	11	8	55	41	-17,5	-70,3	70	0	7,3	0
1948	7	20	11	2	17	-17	-75	70	0	7,1	0
1954	8	7	9	37	24	-18,5	-69	140	0	6,2	0
1958	1	15	19	14	29	-16,5	-71,5	100	0	7	0
1960	3	9	23	54	25	-16,5	-72,5	150	0	6,1	0
1965	12	30	6	16	4	-16,6	-71,1	114	5,7	6	0
1965	7	30	5	45	18	-18	-70,8	91	6	4,8	0
1969	7	19	4	54	53	-17,3	-72,5	54	5,9	5,7	0
1971	9	24	4	32	55	-16,5	-73,7	36	5,2	5,6	0
1972	1	29	2	18	36	-18	-71,7	39	4,9	4,1	0
1973	10	12	18	4	30	-16,1	-74,1	56	5,3	4,6	0
1974	7	2	19	34	13	-16,1	-75,2	62	4,8	4,8	0
1974	4	25	8	56	42	-17,2	-70,7	28	5,3	4,8	0
1977	9	16	0	9	7	-16,4	-75,1	52	4,8	4,1	0
1978	2	28	6	51	32	-17,1	-70,3	57	5,1	4	0
1978	4	15	13	49	30	-16,5	-73,5	36	5,3	5,5	0
1978	1	22	21	19	44	-16,2	-73,7	66	5,4	4,9	0
1979	2	16	22	18	20	-16,6	-72,7	55	5,5	5,2	0
1979	6	25	20	42	4	-17,9	-71,5	65	5	4,2	0
1979	2	17	15	41	15	-16,7	-72,7	80	5,1	4,2	0
1979	3	21	2	52	36	-16,8	-72,6	73	5,1	4,7	0
1979	2	16	10	8	51	-16,5	-72,6	41	6,2	6,9	0
1979	11	15	13	36	33	-16,2	-74,7	49	5,4	4,8	0
1980	3	7	8	25	9	-16,7	-72,8	53	5,4	5,9	0
1980	5	14	14	44	17	-17,2	-73	41	5,1	4,5	0
1980	12	22	11	5	28	-17,2	-70	60	4,9	4,9	0
1980	12	16	0	35	13	-17,1	-70	50	4,9	4,4	0
1982	3	11	20	13	7	-17,2	-72	34	5,1	4,3	0
1982	7	11	2	13	36	-16,7	-73,2	34	5,4	5,2	0
1982	4	1	16	11	53	-18,5	-71,4	39	5,2	4	5,2
1982	4	16	18	5	10	-17	-73,1	39	5	4,9	0
1982	10	16	11	12	19	-16,3	-73,7	64	5	4,6	0
1984	8	3	9	5	9	-16,6	-73,6	44	4,9	4,2	0
1984	8	18	16	51	40	-18,1	-71,2	58	5,1	4,2	0
1985	11	11	13	5	5	-17,8	-72,9	53	4,8	4,6	0
1985	7	9	21	54	29	-17,4	-72,9	47	5	4	0
1987	8	13	15	23	7	-17,9	-71	39	6,1	6,4	0
1987	3	10	0	22	35	-18,5	-72	41	5,7	5,6	0
1988	4	12	23	19	55	-17,2	-72,3	33	6,1	7,6	0
1988	4	17	2	50	37	-17,4	-72,4	33	5,4	5,3	0
1988	12	6	0	18	34	-17,9	-73,1	55	4,9	4,4	0
1988	4	13	0	39	30	-17,3	-72,6	16	5,8	6,2	0
1990	1	7	9	6	43	-16	-74,3	48	5,9	5,3	0

# CAPITULO III

## Situación Actual del Area Urbana

---

### 3.1 SELECCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

Los aspectos considerados para la selección de las ciudades a estudiar en los departamentos de Moquegua y Tacna son:

Población.

Desarrollo y Expansión Urbana.

Situación Socio-Económica.

Historial Sísmico.

En el departamento de Moquegua, se han elegido las ciudades de Ilo y Moquegua, ambas son capital de sus respectivas provincias y la última capital del departamento, por ello cuentan con la mayor población fruto de la constante inmigración, lo que ha ocasionado como consecuencia una expansión urbana descontrolada, no planificada. Desde el punto de vista sismo-histórico, ambas ciudades han sufrido grandes pérdidas durante los sismos severos ocurridos en la zona, inclusive la ciudad de Ilo, por ser puerto, ha sido afectada por Tsunamis (1 868 y 1 877).

Ilo actualmente es un foco de atención desde el punto de vista económico debido a la Zona Franca Industrial (ZOFRILO) instalada recientemente.

La ciudad de Ilo tiene 50 952 Hab. (INEI 1 993) y Moquegua 34 871 Hab. (INEI 1 993)

Para el departamento de Tacna, se ha escogido la ciudad de Tacna y el Balneario de Boca del Rio. La ciudad de Tacna está compuesta por los distritos de Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay, esta ciudad es capital de la provincia y del departamento del mismo nombre, es un foco constante de inmigración debido a que es una Zona de Tratamiento Especial para el comercio fronterizo (ZOTAC), históricamente, al igual que Ilo y Moquegua, también ha sido afectado por sismos. Tiene una población de 178 680 Hab. (INEI 1 993).

Se ha considerado el Balneario de Boca del Rio por ser el lugar de veraneo de la población de la ciudad de Tacna, dicho Balneario llega a tener en los meses de verano (Enero, Febrero y Marzo) una población flotante de 15 000 Hab.

## **3.2 ASPECTOS GENERALES.**

### **3.2.1. CIUDAD DE ILO.**

#### **3.2.1.1 Ubicación Geográfica.**

La ciudad de Ilo está ubicada sobre el paralelo 17°38'35" de latitud Sur y sobre el meridiano 71°20'36" de longitud Oeste y a una altitud promedio de 15 m.s.n.m.

#### **3.2.1.2 Ubicación Política.**

La Ciudad de Ilo pertenece a la provincia del mismo nombre, cuya capital es esta ciudad y forma parte del departamento de Moquegua.

### **3.2.1.3 Extensión y Población.**

La Ciudad de Ilo tiene una extensión aproximada de 533.68 Km<sup>2</sup>, una población de 50 952 habitantes (INEI 1 993). Esta ciudad está constituida por los distritos de Ilo y Pacocha (conocida también como Ciudad Nueva).

En la **Lámina I.1** se presenta el plano básico actual de la ciudad de Ilo (fuente: Municipalidad Provincial de Ilo).

## **3.2.2. CIUDAD DE MOQUEGUA.**

### **3.2.2.1 Ubicación Geográfica.**

La ciudad de Moquegua está ubicada sobre el paralelo 17°11'27" de latitud Sur y sobre el meridiano 70°55'54" de longitud Oeste y a una altitud promedio de 1 410 m.s.n.m.

### **3.2.2.2 Ubicación Política.**

La Ciudad de Moquegua pertenece a la provincia de Mariscal Nieto, cuya capital es esta ciudad y forma parte del departamento de Moquegua de la cual es también su capital.

### **3.2.2.3 Extensión y Población.**

La Ciudad de Moquegua tiene una extensión aproximada de 4 028 Km<sup>2</sup>, con una población de 40 931 habitantes (INEI 1,993), con una tasa de crecimiento intercensal promedio anual de 4.9%, según el censo de 1 993. Esta ciudad está constituida por los distritos de Moquegua y Samegua.

En la **Lámina M.1** se presenta el plano básico actual de la ciudad de Moquegua (No incluye el distrito de Samegua. Fuente: Municipalidad Provincial de Moquegua).

### **3.2.3. CIUDAD DE TACNA.**

#### **3.2.3.1 Ubicación Geográfica.**

La ciudad de Tacna está ubicada sobre el paralelo 18°00'21" de latitud Sur y sobre el meridiano 70°15'00" de longitud Oeste y a una altitud promedio de 562 m.s.n.m.

#### **3.2.3.2 Ubicación Política.**

La Ciudad de Tacna pertenece a la provincia del mismo nombre, cuya capital es esta ciudad y forma parte del departamento de Tacna, de la cual también es su capital.

#### **3.2.3.3 Extensión y Población :**

La Ciudad de Tacna tiene una extensión aproximada de 3,333.3 Km<sup>2</sup>, con una población de 178 680 habitantes (INEI 1,993), con una tasa de crecimiento intercensal promedio anual de 4.9%, según el censo de 1 993. Esta ciudad está constituida por los distritos de Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay.

En la Lámina T.1 se presenta el plano básico actual de la ciudad de Tacna (fuente: Municipalidad Provincial de Tacna).

### **3.2.4. CENTRO POBLADO MENOR BOCA DEL RIO.**

#### **3.2.4.1 Ubicación.**

El Centro Poblado Menor "Boca del Rio" se encuentra ubicado a 41.785 Km. de la ciudad de Tacna, siguiendo la carretera costanera del tramo Tacna-Ilo.

#### **3.2.4.2 Ubicación Política.**

El C.P.M. "Boca del Rio" pertenece a la provincia de Tacna y forma parte del departamento de Tacna.



### 3.2.4.3 Extensión y Población.

El Centro Poblado está compuesto de 133 manzanas con áreas de comercio, recreación, servicios múltiples, educación e instituciones públicas bien definidas. Los terrenos de la primera etapa abarcan un área aproximada de 1.40 Km<sup>2</sup>. encerrados dentro de una poligonal de 5 412 ml. La población que habita en el C.P.M. "Boca del Rio" es en promedio de 250 habitantes, incrementándose a una población flotante de 15 000 personas durante la época del verano.

En la Lámina B.1 se presenta el plano básico actual del C.P.M. "Boca del Rio" (fuente: Municipalidad del C.P.M. Boca del Rio).

## 3.3 CARACTERISTICAS FISICAS.

### 3.3.1. CIUDAD DE ILO.

#### 3.3.1.1 Clima y Temperatura.

La ciudad de Ilo se levanta sobre una zona de desierto subtropical, su clima es cálido y húmedo con escasas precipitaciones pluviales del orden de 3 mm/año.

i) Temperatura máxima absoluta:

- En Verano : 28.7 °C

- En Invierno : 13.8 °C

ii) Temperatura media:

- Máxima anual : 23.4 °C

- Mínima anual : 17.7 °C

iii) Humedad relativa:

- Verano : 71 %

- Invierno : 74.3 %

Promedio anual : 75 %

iv) Vientos:

Dirección predominante : S.E. - N.O.

Resultante ( Anual ) : 143 Nudos.

Máximas absolutas : 156 Nudos.

Meses de mayor intensidad

(Mayo a Agosto): 180 nudos.

### **3.3.3.2 Topografía y Pendiente:**

La Ciudad de Ilo está asentada sobre 3 terrazas bien definidas las que se formaron con la regresión de los mares, la primera está ubicada desde el nivel del mar aproximadamente hasta la cota 30, la segunda a partir de los 30 hasta la cota 100 y la tercera ubicada sobre los 120 m.s.n.m. que es la zona de la Pampa Inalámbrica. Ilo se ubica longitudinalmente paralelo a la línea costera.

En la Lámina I.2 se presenta el plano topográfico de Ilo (fuente: SEDAMOQUEGUA).

### **3.3.1.3 Suelo :**

El suelo de Ilo es producto de las formaciones del cretáceo y cuaternario reciente, del cretáceo se tienen rocas intrusivas y metamórficas como granodiorita, diorita, granito; del cuaternario depósitos pluviales y aluviales.

### **3.3.1.4 Accesos.**

- La principal vía de acceso terrestre es la carretera de Moquegua-Tacna y es asfaltada.
- La futura carretera costanera Ilo-C.P.M. Boca del Río (Tacna).
- El mar da la posibilidad de la salida portuaria, la cual se constituye en el principal medio de comunicación nacional e internacional.

- Vía aérea, pues Ilo cuenta con un Aeropuerto operativo, con una pista de 2 500 x 50 mts. y es utilizado por aviones de fuselaje mediano y ligero.

#### **3.3.1.5 Límites.**

**Oeste:** Limita con una muralla natural denominada el Tablazo o Pampa Inalámbrica con una promedio de 120 m.s.n.m.

**Norte:** Se halla la desembocadura del río Osmore, que sirve de límites entre los distritos de Ilo y Pacocha.

**Sur:** Limita por afloraciones rocosas de la cordillera de los Andes que llegan hasta el mar estrechándose hasta formar una angosta garganta. A continuación de estas estribaciones se encuentran una zona plana con una cota promedio de 30 m.s.n.m., esta plataforma se extiende desde la zona de Cata Cata hasta las Pampas del Pato.

**Este:** Limita con el Océano Pacífico.

### **3.3.2. CIUDAD DE MOQUEGUA.**

#### **3.3.2.1 Clima y Temperatura.**

El valle de Moquegua presenta un clima seco y templado con temperaturas medias anuales de 18°C y la mínima de 10°C.

Las precipitaciones pluviales se presentan en los meses de verano, aunque escasas y de volumen no considerable. La luminosidad es bastante alta, presentando un promedio de 8 horas y 43 minutos de sol al día según las mediciones recogidas por el SENAHMI para un período de 15 años. La dirección de los vientos predominantes es de Suroeste.

#### **3.3.2.2 Topografía y Pendiente.**

Moquegua se asienta sobre una plataforma descendente de Sur a Norte que presenta tres planos de diferente declive a

partir de las estribaciones de los cerros que forman el valle ubicados hacia el Sur.

El primero se extiende paralelamente a lo largo del Río Tumilaca; es relativamente plano, colindando hacia el Norte con el mencionado río; está dedicado fundamentalmente al uso agropecuario aunque en la zona adyacente al área central de Moquegua se han asentado urbanizaciones residenciales, equipamientos urbanos así como instalaciones militares. El segundo plano se desarrolla a partir del cambio de nivel que se produce a la altura de la Av. Balta y la carretera a Samegua desde el cual se desarrolla hacia el Sur con una pendiente relativamente suave (12 % de declive). En este plano se encuentra el Asentamiento Humano más antiguo de la ciudad conocida como Zona Monumental de Moquegua. Finalmente el tercer plano está conformado por declives ubicados hacia el Sur con pendientes mayores del 20% hasta llegar a las estribaciones de los cerros que enmarcan el valle en este territorio, aquí se ubican los asentamientos humanos marginales (pueblos jóvenes) como San Francisco, El Siglo y Mariscal Nieto, presenta una topografía ondulada y carentes de vegetación.

### **3.3.2.3 Suelo.**

Se ubica sobre suelos del Terciario Superior y Cuaternario Reciente. Del Terciario tenemos suelos de la Formación Moquegua Inferior sobre la cual se han ubicado los pueblos jóvenes, y del Cuaternario depósitos fluviales, aluviales y coluviales en la que se han asentado la Zona Monumental y las edificaciones de la zona Norte.

### **3.3.2.4 Accesos.**

- La principal vía de acceso terrestre es al Oeste por un desvío de aproximadamente 6 Km. de la carretera Panamericana Sur.

- La futura carretera internacional Ilo-La Paz.
- Al Este, con una carretera afirmada que lo relaciona con el departamento de Puno.
- Vía aérea, cuenta con un Aeropuerto ubicado al Norte de la ciudad, con una pista de 1 600 x 45 mts. para aeronave tipo DC-4. Actualmente no presta servicio comercial.

#### **3.3.2.5 Límites.**

**Oeste:** Limita con la denominada Pampa de San Francisco, reservada para ejercicios militares.

**Norte:** Se halla el río Tumulaca, que sirve de límite con los Centros Poblados Alto la Villa y Los Angeles.

**Sur:** Con la zona de expansión urbana denominada Pampa de San Antonio.

**Este:** Limita con el distrito de Samegua.

### **3.3.3. CIUDAD DE TACNA.**

#### **3.3.3.1 Clima y Temperatura.**

El clima es variado, con menores temperaturas en julio-agosto (invierno) de 12<sup>0</sup>C y maximas en verano de 28<sup>0</sup>C.

La precipitación en la zona es muy escasa oscilando entre 0.1 mm. y 3.2 mm., la humedad relativa alcanza un promedio del 75% según datos registrados en 1 987.

Los vientos en dirección Noroeste tienen velocidades de 8 a 10 nudos por hora.

#### **3.3.3.2 Topografía y Pendiente.**

La topografía de esta ciudad es llana, con pendiente hacia el Sureste y está limitada transversalmente por dos formaciones orográficas muy marcadas que encierran el estrecho valle, son los cerros Intiorko y Arunta.

### **3.3.2.3 Suelo.**

Tacna se ubica sobre formaciones del Terciario Superior y Cuaternario Reciente, del Terciario se tiene la Formación Huaylillas compuesta por tufos riolíticos de colores blanco, pardo rojizo a rosado, en las que se han asentado los pueblos jóvenes (cerro Intiorko); del Cuaternario se presentan depósitos aluviales compuesta de conglomerados, arenas y arcillas en las que se ubican el casco antiguo y moderno de Tacna.

### **3.3.2.4 Accesos.**

La principal vía de acceso terrestre es la carretera Panamericana Sur, siendo la entrada a Tacna en el kilómetro 1 335.

- La vía transversal Tacna-Tarata-Puno.
- La futura carretera internacional Tacna-Collpa-La Paz.
- Al Sur la carretera Tacna-La Concordia-Arica.
- Vía aérea, cuenta con un Aeropuerto ubicado a 5 Km. de la ciudad, con una pista de 2 500 x 45 mts. de primera categoría, presta servicio comercial nacional e internacional.
- Ferrocarril con itinerario Tacna-Arica.

### **3.3.2.5 Límites.**

**Oeste:** Limita con el cerro Arunta.

**Norte:** Se encuentra el distrito de Ciudad Nueva.

**Sur:** Con la zona de expansión urbana denominada Cono Sur.

**Este:** Limita con el cerro Intiorko.

## **3.3.4. C.P.M. BOCA DEL RIO.**

### **3.3.4.1 Clima.**

Tiene un clima generalmente templado y cálido en los meses de verano.

### **3.3.4.2 Topografía y Pendiente.**

Presenta una topografía relativamente plana con una pendiente promedio de 1.8% sin accidentes geográficos de importancia, además se encuentra entre cerros y el mar.

### **3.3.4.3 Suelo.**

Se encuentra asentada sobre depósitos eólicos de arena que pertenecen al Cuaternario Holoceno.

### **3.3.4.4 Accesos.**

El principal acceso es la carretera costanera que conecta con toda la franja de playas del litoral de Tacna.

### **3.3.4.5 Límites :**

**Norte:** con los cerros "Fuerte de los Españoles" y "Punta Colorada".

**Este:** con la cuenca del Río Sama.

**Oeste:** con el Océano Pacífico.

**Sur:** con la desembocadura del río Sama y el Océano Pacífico.

## **3.4 EVOLUCION URBANA DE LAS CIUDADES**

### **3.4.1 CIUDAD DE ILO.**

Ilo es una de las ciudades más antiguas del Perú, según estudios realizados demuestran que los asentamientos humanos se remontan a 9 000 años A.C., muestra de esto son los mensajes dejados en las cuevas de Incapuquio y en las alturas de Canicora; la historia social del pueblo de Ilo está asociada a los uros, tiahuanaguenses, aymaras, incaicos, mozarabes, mujadares, españoles, africanos, indo-asiáticos, europeos y asiáticos, que se asentaron a través de diversas épocas en nuestro territorio,

prevaleciendo el espíritu peruano ancestral de los uros; nada ha modificado su abolengo.

Ilo tiene una rica historia como puerto ya que en 1536 llega el navío "San Pedro" para auxiliar a Almagro, en 1539 toca el puerto el navío "San Josepho" de Juan Vallejos, ésta es cedida a Gonzalo Pizarro. En 1548 la encomienda de Ilo pasa a manos de Gerónimo de Villegas denominando al pueblo San Gerónimo y ubicándolo a la margen derecha del río, además establece el arribo regular de las naves. En 1707 Renaud, por orden del Virrey don Manuel de Oms de Santa Pau, Marquez de Castell dos Rius y Semanath ordenó la fundación del puerto y pueblo de Pacocha, así como el repoblamiento de San Gerónimo de Ilo, para recordar al benefactor se bautizó al río con el nombre de Omsmore, que semánticamente con el tiempo a cambiado por Osmore, este pueblo fué fundado con caracter de factoría y astillero para la reparación de naves menores venidas de España por el Estrecho de Magallanes; el 19 de Julio de 1793, el intendente don Antonio Alvarex y Jimenez fortifica militarmente Ilo, lo reconoce como pueblo. El 20 de Octubre de 1716 un grupo de italianos viene a Ilo y establece una colonia pesquera; el 30 de Agosto de 1868 se ordena que se le considere distrito de Ilo, con su capital puerto de Pacocha con el fin de proporcionarle ayuda conforme a Ley a consecuencia del terremoto y tsunami que des ruyó totalmente la incipiente ciudad de Ilo. En el mismo año el cuerpo de ingenieros de Minas traza el nuevo Ilo, su alcalde Bernardo Gheresi, lo sitúa en lo que se llamaba puerto de Pacocha o lo que actualmente es Ilo, poco después don Enrique Meiggs comienza a armar un muelle confeccionado por el gran Eiffel.

Durante el gobierno de Balta se construyó el ferrocarril Ilo-Moquegua (101 Km. de vías férreas) concluido en 1872, también el Muelle Fiscal existente.

Durante la guerra con Chile, en 1880, la expedición de Lynch desmonta las máquinas del tren de Ilo y se la llevan a Chile, dinamitando el muelle. También se destruye la estructura de la industria vinícola.



En 1908 durante el gobierno del presidente José Pardo y Barreda aparecen en Ilo las agencias Ghersi y Gambeta que representan a compañías inglesas y chilenas.

En 1950, el general Manuel A. Odría ordena la reparación y modernización del Puerto de Ilo y la construcción de la vía asfáltica a Tacna.

Según el censo nacional de 1940, la ciudad de Ilo contaba sólo con 1 043 Hab. equivalente al 12.5% de la población total urbana del departamento y al 3% de la población total incluida la rural. Comparativamente la ciudad de Moquegua contaba en ese entonces con 3 718 Hab.

La década de los años cincuenta marca un hito en el desarrollo industrial: la fábrica de conservas de pescado "Meylan" y la firma del contrato en 1954 entre el gobierno peruano y la empresa norteamericana Southern Perú Cooper Corporation para la explotación del yacimiento minero de Toquepala (por entonces dentro de los límites del departamento de Moquegua).

En 1956 se inicia la construcción de la fundición que se encargaría de procesar el mineral proveniente de Toquepala.

En esta década hasta 1960, se invierten 234 millones de dólares en la zona (desde Toquepala a Ilo, en el circuito de cobre).

Según el censo nacional de 1961, Ilo superaba ya en población a Moquegua, la primera tenía 9,987 Hab., mientras que la segunda contó con 7,795 Hab.

El desarrollo económico generado y el consecuente crecimiento demográfico fueron determinantes para que las fronteras urbanas de la ciudad comenzaran a extenderse y se genere una zona industrial conformada por la fábrica Meylan en áreas que para esa época estaban fuera del casco urbano, de uso predominantemente residencial. En la década del 60 se da inicio a la construcción del campamento de Ciudad Nueva, ubicada en las afueras de Ilo, para

los trabajadores de la fundición, es este sector el que más tarde conformaría el distrito de Pacocha.

Como una necesidad de articular vialmente la ciudad, la zona industrial, el campamento minero y la fundición, se crea la avenida Mariano Lino Urquieta que llegó a constituirse en la columna vertebral del sistema vial de la ciudad. La vía del ferrocarril determinaba el límite urbano en aquellos años.

Coincidentemente con el inicio de la producción minera de Toquepala y la exportación de cobre hacia el mercado internacional se instalaron en Ilo cuatro fábricas de harina y aceite de pescado. A partir de las ventajas de su infraestructura portuaria y de la riqueza del mar, Ilo llega a convertirse en el sexto puerto más importante del país en cuanto a la explotación de recursos hidrobiológicos.

A partir de 1963 la actividad pesquera generó un auge económico poderoso en Ilo, llegando a exportar 120 000 Tn. que representaba el 6% de la producción total nacional, por este motivo se construyó un muelle en Ilo y se hicieron los almacenes de ENAPU.

En 1969 se firma el contrato entre el gobierno peruano y la SPCC para la explotación del yacimiento cuprífero de Cuajone, y en 1970 se termina la ampliación del terminal marítimo de ENAPU-PERU.

Según el censo nacional de 1972, la población alcanzó los 25 187 Hab. equivalente al 48% de la población urbana del departamento y al 34% de la población total.

La nueva población que se incorpora a la ciudad de Ilo, lo hace generando la formación de los pueblos jóvenes tales como Alto Ilo, Nylon San Pedro, Miramar y John Kennedy que se localizan en las áreas de nivel intermedio entre la ciudad y la Pampa Inalámbrica.

Con la aparición de estos nuevos asentamientos se da inicio a la problemática de la estructura física-urbana, de la actual ciudad de Ilo, la articulación ferroviaria que hasta ese momento había garantizado la comunicación de los flujos de transporte de carga entre el Puerto y la Fundición de la región, de pronto se constituyó en una barrera que demarcó la ciudad en dos áreas urbanas, una en la parte baja paralela a la línea de mar conformada por el casco original de la ciudad, y la otra en la parte alta paralela a la anterior conformada por los nuevos asentamientos de pueblos jóvenes.

En 1972, se inicia la construcción de la Refinería de cobre de MInero-Perú en las afueras de la ciudad, la misma que entró en funcionamiento en 1 975. Así mismo, en el año 1 977 la mina de Cuajone comenzó a funcionar.

Otro factor que tiene incidencia en el desarrollo urbano, es la instalación, a partir de 1 973, de unidades militares que ampliaron el volumen físico y poblacional de la ciudad.

Los cambios operados en la estructura económica del departamento de Moquegua, han definido claramente en la actualidad a Ilo como el centro urbano más dinámico del departamento, cuya función es esencialmente industrial, basada en la transformación primaria de los principales recursos de la zona: el cobre y la pesca.

En su evolución política Ilo llega a ser en la actualidad la capital de la provincia del mismo nombre, fue creada el año 1 970 por D.L. Nº 18298 y está constituida por tres distritos: Ilo, Pacocha y el Algarrobal.

Según el censo nacional de 1981, Ilo (provincia) alcanzó un total de 38 627 Hab. que equivalían al 38% de la población total.

El gobierno peruano creó en Diciembre de 1989 la Zona Franca Industrial de Ilo (ZOFRILO), localizándola al sur de la ciudad, con un área total de 324.7 hectáreas. Esta zona goza de un régimen especial en materia aduanera, tributaria, laboral y financiera con el fin de promover la inversión privada.

En Enero de 1992, los gobiernos de Perú y Bolivia firmaron el Convenio Marco "Gran Mariscal Andrés de Santa Cruz", dicho convenio establecía entre otros puntos:

- Otorgar la administración de un área de 163.5 hectáreas (de las 324.7 hectáreas de la Zona Franca ) a una empresa promotora boliviana.
- Crear una Zona Franca Turística llamada BOLIVIAMAR comprendida por 5 Km. de playa ubicada al sur de la ciudad, la cual será administrado por empresas bolivianas.

Debido a que Bolivia no tiene salida al mar, este convenio lo ha favorecido enormemente, motivando gran interés en empresas bolivianas para invertir económicamente en estas Zonas Francas, interés compartido por empresas peruanas y de otras nacionalidades.

Los gobiernos de Perú y Bolivia están abocados en ejecutar el Proyecto de la Carretera Binacional Ilo-La Paz, esta carretera cubre la ruta más corta y segura desde el Puerto de Ilo hasta la capital de Bolivia, la ciudad de La Paz. Esta vía contribuirá a restablecer y consolidar las economías regionales a través del incremento de carga de exportación e importación por el Puerto de Ilo. El movimiento comercial portuario cubrirá en el futuro no sólo la producción de Bolivia sino parte de la producción del Brasil (Matogroso), lográndose así la integración Binacional entre la Cuenca del Pacífico y del Atlántico.

Todas estas circunstancias han motivado que en la actualidad exista una gran expectativa de desarrollo económico en la ciudad de Ilo, lo que está provocando una mayor inmigración de pobladores de ciudades cercanas, quienes se están asentando en áreas periféricas ó en la misma ciudad provocando un aumento de la densidad poblacional (tugurización). Ilo cuenta en la actualidad con una población de 50 952 habitantes, cifra obtenida en el último censo nacional de 1 993 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática.

### 3.4.2 CIUDAD DE MOQUEGUA.

La ciudad de Moquegua es de origen muy antiguo, habiéndose fundado en los primeros años de la conquista española. Siguiendo el patrón de poblamiento de las ciudades españolas en América, Moquegua presenta un trazo en damero que partiendo de la Plaza de Armas, se desarrolla acomodándose a la topografía del terreno. Lo estrecho del valle y lo reducido de sus áreas agrícolas, es un factor predominante en la localización del centro poblado el cual se asienta, desde su origen, en las laderas de los cerros que enmarcan el valle.

Una de las características más resaltantes de la ciudad en la época colonial constituye la frecuencia de catástrofes naturales que la agobiaron, la primera que se conoce data del 18 de Febrero de 1600; un gran temblor de tierra, producido por la erupción del volcán Huaynaputina, asoló la ciudad. En 1687 un nuevo terremoto destruyó gran parte de sus edificaciones. En 1715 y 1731 otros sismos ocasionaron graves daños. En 1782, como producto de un nuevo terremoto se volvió a destruir gran parte de la ciudad e incluso la Iglesia Matriz. En el año 1784 se repitió la catástrofe con su consecuente destrucción.

Un hito importante en el devenir histórico de la ciudad de Moquegua lo constituye el terremoto de 1868 a partir del cual se empieza su reconstrucción, determinando la fisonomía urbana sobre la que se desarrolla hasta la actualidad.

En el año 1872 se concluyó el ferrocarril Moquegua-Ilo, consolidando la función intermediaria de la ciudad en las relaciones comerciales de su región y aperturando nuevos mercados para su producción vitivinícola. Este incremento en su actividad permitió elevar su categoría pasando ser a partir de 1875 la capital de la provincia litoral.

En la guerra con Chile se inició la decadencia de Moquegua, no sólo por la destrucción de su infraestructura productiva (industrias del vino y ferrocarril) sino por la total destrucción de sus viñas.

Es importante señalar que como consecuencia de esta guerra fué roto el espacio regional de interrelación del Sur del país, dentro de los cuales formaban parte, entre otros, los centros poblados de Tacna, Tarata, Arica, Ilo y Moquegua.

A principios de este siglo se dió inicio la reconstrucción del ferrocarril y paulatinamente se fué incrementando la actividad agrícola. La guerra mundial provocó el cambio de cultivo hacia el algodón por la elevación de su precio; a la terminación de la guerra se produjo una brusca caída en la demanda y en los precios del algodón. Los años posteriores, hasta la década del cincuenta, son años de estancamiento en la actividad agrícola, principal fuente de sustentación de la ciudad.

En el año 1 936 Moquegua elevó su categoría a capital departamental. En 1 940 la población total de la ciudad fué de 4 058 Hab. (incluye los poblados de Moquegua, Samegua y Alto La Villa).

En 1 954 se firma el contrato entre el gobierno peruano y la empresa norteamericana Southern Peru Cooper Corporation para la explotación del yacimiento minero de Toquepala, lo que trajo como consecuencia la construcción de una fundición en las afueras de Ilo, el tendido de 186 Km. de líneas ferreas que unían Toquepala con esta fundición y el puerto que también se construyó entonces junto con otras obras complementarias. Para ello se invirtió en la zona hasta 1 960 la suma de 234 millones de dólares.

A raíz de las posibilidades de empleo generadas por la construcción de esa infraestructura se produjo una oleada de trabajadores migrantes de otros partes del país. A consecuencia de ello comienza la explosión de su crecimiento urbano dando origen, en la década del 60, a la aparición de los primeros pueblos jóvenes. Así para el año 1 961 la ciudad tenía una población de 8 174 Hab. que representaban el 15.8% de la población total del Departamento, duplicando la registrada en 1 940 .

Es en esta década cuando se consolidan los asentamientos humanos existentes y surgen nuevos Pueblos Jóvenes como Mariscal Nieto, San Francisco y Alto Samegua ocupando extensiones de terrenos eriazos colindantes a las áreas tradicionales de Moquegua y Samegua. También se inicia la ocupación de la zona Norte (agrícola) con la expansión del cuartel Mariscal Nieto, la puesta en funcionamiento de la G.U.E. Simón Bolívar, la construcción del Estadio y del Hospital Regional, así como las habilitaciones de las viviendas realizadas por la Junta Nacional de Vivienda.

Todas estas inversiones generan a su vez una mayor atracción en las migraciones. Así la ciudad de Moquegua alcanza el año 1 972 una población de 16 427 Hab. que con una tasa de incremento anual de 6.6%, duplica la población del año 1 961 representando el 22% del total de la población departamental (74 470 Hab.).

En 1 972 se dió inicio a la construcción de la refinería de cobre de Minero-Perú en Ilo y en 1 975 empieza a producir el nuevo yacimiento minero de Cuajone. Entre 1 970 y 1 977 se invirtieron en la zona 750 millones de dólares, permitiendo la ocupación de más de 10 000 personas.

Otro factor adicional que tiene incidencia en el desarrollo urbano es la instalación, a partir de 1 973, de nuevas instalaciones militares lo que refuerza el volumen poblacional de Moquegua, produciendo algunas fricciones entre la zona de los cuarteles o unidades militares y las zonas urbanas residenciales.

Según el Censo de Población del año 1 981, la ciudad de Moquegua albergaba a 25 835 Hab. Para el año 1 993, el último censo reportó que existe una población de 34 871 Hab.

En conclusión se puede afirmar que gran parte del crecimiento de la ciudad se debe a los efectos secundarios de la actividad minera, en cuyo campo se encuentra en perspectiva la puesta en operación de las minas de Quellaveco.

### 3.4.3. CIUDAD DE TACNA.

La más antigua manifestación humana en Tacna, se remonta a 10,000 años, lo que se ha comprobado por restos hallados en una cuenca cercana a Toquepala.

Después de un largo vacío en el tiempo, nos encontramos bruscamente con pobladores ya asentados en los valles y en las playas; y posesionado de la altura los tiawanakus (periodo expansionista), son poblaciones con un conocimiento avanzado de la agricultura, cerámica, ganadería, explotación de minerales, etc., se caracterizaron por ser poblaciones dedicadas a la agricultura, con alternancia de recursos del mar siendo sus contactos con el altiplano intenso.

Por su ubicación estratégica, posteriormente los colonizadores la convierten en importante centro de apoyo al eje de relaciones comerciales entre los centros de minería del Alto Perú (Potosí) y el puerto de la región llamada Arica, que por esa época fue la de mayor importancia comercial por su ubicación geográfica con respecto al Océano Pacífico, pero, por el posterior traspaso de la comercialización al Puerto de la Plata (Argentina), Arica paralizó totalmente su economía y ante su falta de campiña proveedora de alimentos comenzó a depender gradualmente de Tacna, es así que a partir del siglo XVII comienza una etapa comercial urbana próspera para Tacna; sus condiciones de campiña agradable y de localización de importantes centros de producción y de comunicación hicieron de ésta una estación y posada obligada para los viajeros procedentes del Alto Perú, Chile y Arequipa.

Tacna es una de las ciudades que más está vinculada con la historia peruana, habiendo sido escenario de los pronunciamientos de Zela y Arizaga en 1811 y de los hermanos Paillardelly en 1813 contra la dominación española en la época de la emancipación.

En 1857 se crea el Departamento de Tacna (el cual incluía Moquegua, Tacna, Arica y Tarapacá), resaltando su consolidación productiva en : frutas y vid (Tacna-Pocollay); maíz, papa, zapallo



(Calana-Pachía); algodón, plátanos, granadillas, caña de azúcar, alcohol, chancaca, miel, (Sama-Inclán); así como producción de carne de ovino y auquénido (Palca); dicha producción sustenta el establecimiento del arrieraje y el comercio a pesar de sus escasos recursos hídricos.

El estallido de la guerra con Chile en el año 1 879 (Batallas de Tarapacá, Alto de la Alianza, Arica) y posterior ocupación de Tacna en 1 880 encubre intereses del capital Británico a favor de la explotación de las Salitreras del Sur y por ello intromisión en la vida económica y política de los países afectados por la guerra: Perú, Bolivia y Chile.

El Tratado de Ancón celebrado entre Perú y Chile pone fin a la guerra en 1 883 fijando como límite provincial al río Sama y a la Provincia de Tarata y pasando la Provincia de Tacna al poder de Chile. Ello le significaría a Tacna 50 años de cautiverio y sometimiento.

Su posterior reintegración al Perú en 1 929 según el Plebiscito, le significaría a Tacna su re inserción a la vida Republicana del Perú y desmembramiento de su puerto natural Arica, el cual pasa definitivamente a poder de Chile.

El desarrollo urbano de la ciudad se realiza ocupando el suelo en forma masiva y violenta sobre las áreas circundantes al casco urbano; sin mayor planificación del espacio e infraestructura. La demanda de espacio origina la excesiva expansión en baja densidad absorbiendo áreas de estructura propia (Pocollay, Para). Los grupos migratorios de zonas altas tienen la mayor participación en este proceso, formando así numerosos pueblos jóvenes.

En la década de los 70 las migraciones seguían y ante la necesidad de mayores áreas urbanas se destinó unos terrenos eriazos al Noroeste de la ciudad, creandose lo que hoy es el distrito Alto de la Alianza.

En gran medida el crecimiento y desarrollo de la ciudad de Tacna ha obedecido a su posición geográfica y al papel que supo desempeñar en las cambiantes relaciones económicas de cada periodo histórico. El comercio ha sido la constante de su actividad económica por su estratégica situación como punto de paso hacia el puerto de Arica, absorbiendo a los otros sectores económicos y determinando a su vez la formación de la estructura social.

En la década de los 80 se incrementó el comercio informal centralizándose en la compra y venta de mercadería extranjera traída de contrabando y tiene como punto de exhibición los llamados mercadillos, así tenemos que en 1972 sólo existía 60 puestos de venta y en 1982 se registró en promedio 2841 puestos de venta.

En la actualidad, a raíz que el gobierno peruano creara la Zona de Tratamiento Especial Comercial de Tacna, el contrabando está decreciendo paulatinamente.

#### **3.4.4 CENTRO POBLADO MENOR BOCA DEL RIO.**

El balneario de Boca del Rio en su desarrollo físico a seguido esquemas no muy definidos de la EX COFDET, SINAMOS, ORDETAM, CORDETACNA y la Municipalidad Distrital de Sama Las Yaras, esquemas que han ido puliéndose hasta conseguir un planeamiento urbano más definido.

El año 1989, la Corporación de Desarrollo de Tacna transfirió la propiedad de los terrenos del litoral a la Municipalidad Provincial de Tacna, inscrita en los registros públicos con ficha N° 6884.

Al constituirse el balneario como Centro Poblado Menor se ha ido consolidando las actividades urbanas y a consecuencia de esto surge la necesidad de disponer de los servicios básicos de saneamiento, como el servicio de agua potable, letrinas públicas, etc., tanto en su área consolidada como en su zona de expansión futura

## **3.5 SITUACION ACTUAL.**

### **3.5.1 CIUDAD DE ILO**

#### **3.5.1.1 Condiciones Socio-Económicas.**

La Ciudad de Ilo está constituida por los centros poblados de Ilo y Ciudad Nueva (distrito de Pacocha), en la actualidad desempeña un rol concentrador, transformador y exportador de productos pesqueros y mineros de la región hacia el mercado nacional e internacional.

Es concentradora por que en ella confluyen los recursos mineros extraídos de los yacimientos de Toquepala y Cuajone a través de un ferrocarril que los coloca en las plantas de fundición y refinación ubicadas en las afueras de la Ciudad, paralelamente, confluyen hacia las plantas industriales de Pesca-Perú los recursos hidrobiológicos de la zona costera.

Es transformadora en la medida que estos recursos naturales que se concentran en ella son transformados en bienes de consumo (pesca destinada a la elaboración de conservas para el consumo humano) y bienes intermedios (cobre refinado, harina de pescado y aceite de pescado).

Es exportadora debido a que un gran porcentaje de la producción industrial derivada de la pesca y la minería es embarcado con destino al mercado internacional.

Por otra parte debido a su función industrial, y a la escasez de recursos agropecuarios en su área inmediata, Ilo se constituye en una ciudad consumidora de productos agropecuarios, de insumos para la industria y de bienes duraderos, hasta en un 90 %, provenientes de otros centros productores (mercados nacionales y de la región). Ilo, en términos de intercambio comercial, ofrece a la región fundamentalmente productos pesqueros para el consumo humano.

Las actividades industriales tienen un nivel de desarrollo tal, que permite a la Ciudad de Ilo concentrar el 60 % de la producción departamental, en términos de volumen y valor bruto de la producción y el 90 % de la producción, además absorben el 24.1 % de la P.E.A. ocupada.

Ilo se ha convertido en un polo de desarrollo para el Sur de País pues se ha creado la Zona Franca Industrial (ZOFRI-ILO), Ilo está ubicada en una zona privilegiada en la cuenca del Pacífico que le da acceso a puertos de Japón, Hong Kong, Corea, Taiwan, Australia y otros. Importantes puertos del comercio mundial de esta zona del planeta que ofrece una perspectiva creciente hacia el continente.

La Zofri-Ilo es la puerta de entrada, al puente que une el Pacífico con el Atlántico, a través de la carretera transoceánica, que unirá los puertos de Santos en el Brasil con el puerto de Ilo en el Perú.

Además se suscribieron importantes acuerdos con Bolivia para darle salida al mar a este país mediterráneo, otorgándole el Perú una extensión de terreno de 5 Km. de playa, denominada "Boliviamar" ubicada en la zona de Cata Cata al de la Sur ciudad, la cual será una zona franca turística.

La zona franca industrial significa producción de bienes y servicios útiles, generación de empleos, aumento en el ingreso económico y elevación en el nivel de vida, esto en suma significa ingreso de divisas para la ciudad de Ilo, la región y el país.

### **3.5.1.2 Infraestructura de Servicios Básicos.**

#### **a) Agua Potable.**

La fuente de abastecimiento de agua es el río Locumba por medio del canal de Ite con 17 Km. de longitud entre la derivación y la toma, con un caudal de 1.3 m<sup>3</sup>/seg.

La captación se hace por medio de una tubería de concreto de 32 pulg. de diámetro, la línea de conducción es de 54 Km. con un caudal de 500 lt/seg. A partir de la planta de tratamiento se distribuye a 5 reservorios cuyas capacidades son: R1 = 3 600 m<sup>3</sup>, R2 = 800 m<sup>3</sup>, R3 = 1 800 m<sup>3</sup>, R4 = 2 400 m<sup>3</sup>, R5 = 900 m<sup>3</sup>.

**b) Alcantarillado.**

Actualmente Ilo tiene 10 puntos de descarga de los desagües al mar sin previo tratamiento de estos. Cabe señalar que existe un proyecto de alcantarillado para la ciudad de Ilo que fue realizado en el año de 1 992.

El proyecto comprende:

- 02 colectores principales.
- 02 cámaras de bombeo.
- 02 líneas de impulsión.
- 01 emisor general.
- 01 planta de tratamiento.

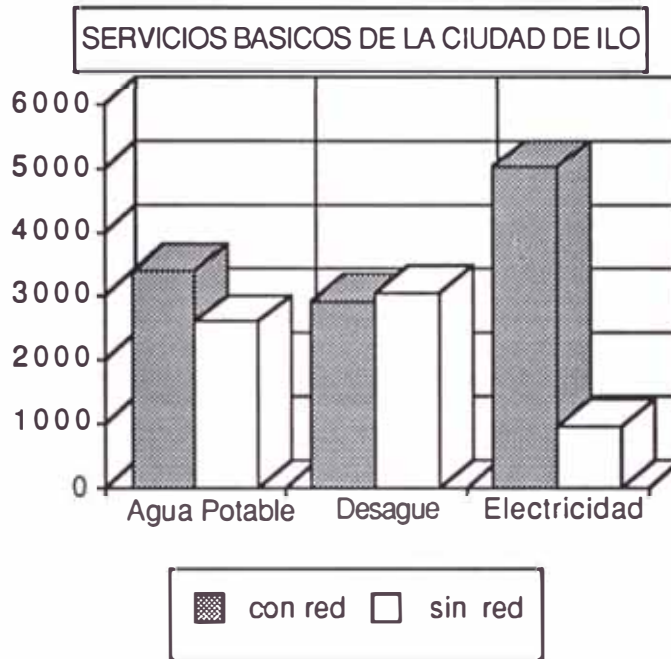
Los desagües procesados serán reutilizados en forestación creando un cordón ecológico y evitar la contaminación ambiental, las lagunas de oxidación estarán ubicados detrás de Ciudad Nueva.

Los servicios básicos que se prestan en la ciudad de Ilo se muestran en el Cuadro N° 3.1, estos mismos resultados están resumidos en el Gráfico N° 3.1

**Cuadro N° 3.1**

Servicios Básicos	Conectada a la red	No conectada a la red	Total
Agua Potable	3401	2586	5987
Desagüe	2926	3061	5987
Energía Eléctrica	5017	970	5987

Gráfico N° 3.1



Los servicios como agua, desague y energía eléctrica, no están completamente abastecidos como podemos observar en el gráfico 3.1, el 51.1 % de las viviendas carece del servicio de desague y el 48.9% está conectado a la red.

En cuanto al abastecimiento del agua, el 56.8% de las viviendas están conectadas a la red pública y 43.2% no cuenta con este servicio.

En cuanto al abastecimiento de la energía eléctrica el 83.8% de las viviendas tienen este servicio y un 16.2% no lo tienen.

### 3.5.2 CIUDAD DE MOQUEGUA.

#### 3.5.1.1 Condiciones Socio-Económicas.

La ciudad de Moquegua está conformada por la Zona Urbana Antigua Tradicional conocida como Zona Monumental, los Pueblos Jóvenes El Siglo, Mariscal Nieto y San Francisco y por el Area Urbana Moderna donde se

localizan las nuevas urbanizaciones e instalaciones militares.

Desde sus orígenes las actividades económicas que sustentan la existencia de la ciudad se han desarrollado fuera del espacio urbano, pero dentro de su ámbito de influencia inmediata. Las actividades agropecuaria del valle y las mineras se constituyen en las principales que sustentan a la población.

La actividad agropecuaria se encuentra estancada debido a la escasez de agua y a su bajo nivel de tecnificación, destacándose el cultivo de forrajes en un 60% del área de cultivo, la que está destinada a la alimentación del ganado vacuno; el resto del área está dedicada a cultivos de panllevar y frutas, destinadas básicamente al consumo local.

La actividad minera del cobre, de tipo enclave, está orientado al mercado exterior, no generando beneficios significativos para la región. Esta actividad después de haber dado ocupación a un importante contingente de la población en su etapa inicial, impulsando con ello el desarrollo de las actividades comerciales y de servicio, redujo su capacidad de empleo al entrar en funcionamiento la explotación de las minas. Gran parte de este contingente de trabajadores se instaló en la ciudad, constituyéndose en un factor preponderante en el explosivo crecimiento de población y expansión de la ciudad.

Es preponderante la concentración del empleo en el sector de servicios comunales (40.3%), confirmando su función como centro de servicios en su área de influencia. Es también significativo el empleo en el sector comercial que alcanza a cubrir el 13.9% de la P.E.A. urbana.

La situación del empleo urbano coloca a la ciudad de Moquegua en una grave situación de dependencia, por

carecer de fuentes propias de ingresos que permitan sustentar a su población.

### **3.5.1.2 Infraestructura de Servicios Básicos.**

#### **a) Agua Potable.**

La captación de agua se realiza a través de dos fuentes del subsuelo:

- Galerías filtrantes, con una capacidad de aproximadamente 25 lit/seg.
- Pozos profundos (cuatro) cuyo rendimiento varía entre 26 lit/seg y 32 lit/seg

La distribución de agua se realiza por un sistema que se conecta a partir de una línea de alimentación a un reservorio de almacenaje con capacidad de 1 100 m<sup>3</sup> y tres reservorios secundarios ubicados en la zona Sur de la ciudad que tienen una capacidad combinada de almacenaje de 1 450 m<sup>3</sup>, además de una cámara de bombeo y dos cámaras rompe presión.

Las conexiones domiciliarias abastecen casi en su totalidad a las zonas Central y Norte de la ciudad, presentándose los mayores déficits de cobertura en los pueblos jóvenes.

#### **b) Alcantarillado.**

El problema se reduce a la rehabilitación y ampliación de redes secundarias y a la instalación de conexiones domiciliarias, el sistema troncal y el tratamiento se encuentra resuelto con el emisor tendido de 8" de diámetro que recorre longitudinalmente la ciudad por la zona baja siguiendo el trazo de la vía de evitamiento, para conectarse con las lagunas de oxidación ubicadas a la margen izquierda del río Tumilaca a 1.5 Km. aguas abajo del cuartel Mariscal Nieto

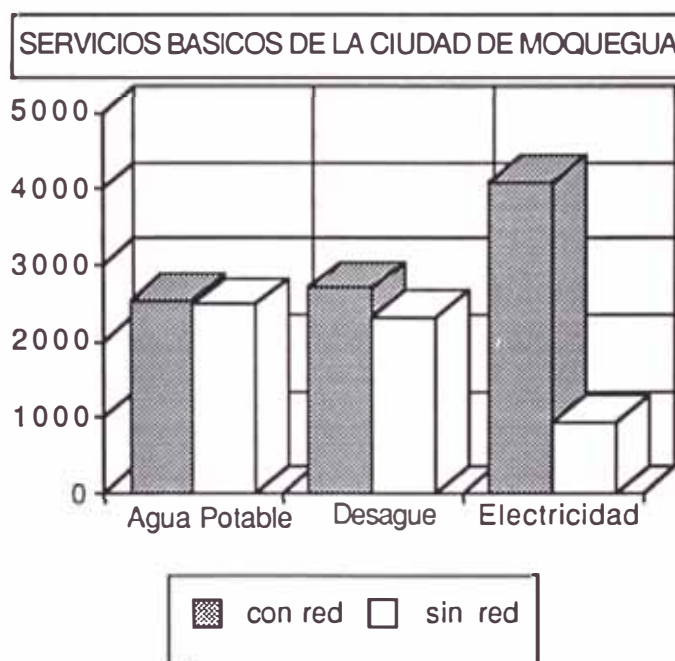


Los servicios básicos que se prestan en la ciudad de Moquegua (Plan director 1 983) se muestran en el Cuadro N° 3.2, estos mismos resultados están resumidos en el Gráfico N° 3.2

Cuadro N° 3.2

Servicios Básicos	Conectada a la red	No conectada a la red	Total
Agua Potable	2 536	2 488	5 024
Desagüe	2 698	2 326	5 024
Energía Eléctrica	4 083	941	5 024

Gráfico N° 3.2



Los servicios de agua, desagüe y energía eléctrica, no están completamente abastecidos como podemos observar en el gráfico N° 3.2, el 46.3 % de las viviendas no tiene servicio de desagüe y el 53.7% está conectado a la red.

En cuanto al abastecimiento del agua, el 50.5% de las viviendas está conectada a la red pública y 49.5% no cuenta con este servicio.

Respecto a la energía eléctrica el 81.3% de las viviendas cuentan con el servicio y sólo un 18.7% no la tiene.

### **3.5.2 CIUDAD DE TACNA.**

#### **3.5.1.1 Condiciones Socio-Económicas.**

La ciudad de Tacna está constituida por los distritos de Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay. En el distrito de Tacna se ubica el casco antiguo de la ciudad, alrededor del cual se han ido asentando las diferentes áreas modernas, en la zona Sur se ha ubicado la zona de expansión conocida como Cono Sur; los distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva están integrados por pobladores que en su mayoría son inmigrantes de la zona alta y de otros departamentos; el distrito de Pocollay está conformado por un casco urbano antiguo, en su periferie se encuentran campiñas que caracterizan este poblado.

Los sectores que conforman la estructura económica de la ciudad son la agricultura, industrial, servicios y el comercio, siendo este último el que mayor presencia denota.

Al no existir apoyo técnico adecuado y al escasear el recurso hídrico en el sector agropecuario, además de la presencia de una industria incipiente por la competencia que existe en el contrabando nos muestra que el sector comercial es el que predomina dentro del ámbito económico y determinando a su vez la formación de la estructura social.

La estructura económica de Tacna en los últimos años ha variado, en el año 1972 la mayor parte de la población se dedicaban a la agricultura, a partir de 1981 creció el sector

comercio y servicios del 29% a 38%, esto fue producto de las intensas inmigraciones que se han venido dando hacia esta ciudad y que al no encontrar otras fuentes de trabajo se dedican al comercio de tipo formal e informal.

En 1 982 se registró 5 mercadillos albergando 2 841 puestos de venta, entre estos figuran Polvos Rosados, Bolognesi, Tupac Amaru, 28 de Julio, etc., en las cuales se ha determinado la siguiente modalidad de venta: 6% de comerciantes dedican su venta al por mayor, 80% al por menor y 14% emplean ambas modalidades.

Como una manera de disminuir el contrabando y legalizar el comercio informal, el gobierno crea en 1 989 la Zona de Tratamiento Especial Comercial de Tacna (ZOTAC) sobre la cual actualmente la ciudad abriga esperanzas de desarrollo económico y social para los próximos años.

### **3.5.1.2 Infraestructura de Servicios Básicos.**

#### **a) Agua Potable.**

El servicio de agua potable en la ciudad de Tacna esta dado a través de dos plantas de tratamiento de agua ubicada en el distrito de Calana que se encuentra en buen estado y otra ubicada en el distrito de Tacna que es la planta de Alto Lima.

En la actualidad existe tres captaciones de agua superficial; una del canal Ushusuma y otra del canal Caplina las cuales abastecen a la planta de Calana, una tercera captación se realiza del río Caplina y abastece a la planta antigua de Alto Lima.

El sistema actual de Tacna cuenta con seis reservorios en funcionamiento distribuidos en los distritos de Calana, Pocollay y Tacna.

## b) Alcantarillado.

El sistema de alcantarillado para la recolección de aguas residuales domésticas es por medio de cinco colectores principales que atraviesan la ciudad longitudinalmente conformado por tuberías de concreto que llevan hacia un entercedor ubicado en la Av. Circunvalación el cual va a descargar los desagües a un emisor que cruza la ciudad por la parte baja cerca a la carretera que conduce al aeropuerto, donde finalmente el 95% de las aguas residuales descargan a la planta de tratamiento experimental conformado por cuatro lagunas de estabilización ubicadas fuera de la ciudad, frente al aeropuerto.

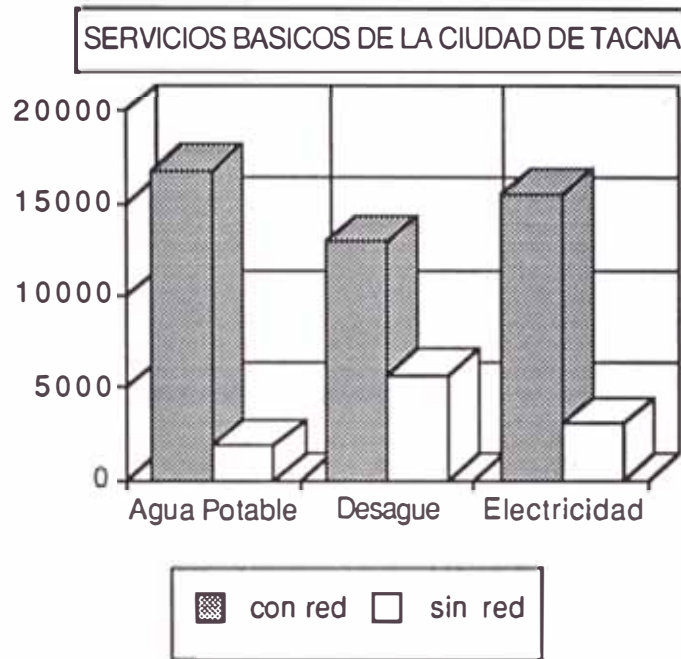
Además existe una pequeña planta de tratamiento conformada por dos lagunas de estabilización que funcionan independientemente destinadas a tratar los desagües de algunos pueblos jóvenes que en volumen equivalen al 5% del total.

Los servicios básicos que se prestan en la ciudad de Tacna (INEI 1 981) se muestran en el Cuadro N° 3.3, estos mismos resultados están resumidos en el Gráfico N° 3.3

Cuadro N° 3.3

Servicios Básicos	Conectada a la red	No conectada a la red	Total
Agua Potable	16 774	1 852	18 626
Desagüe	12 941	5 685	18 626
Energía Eléctrica	15 522	3 104	18 626

Gráfico N° 3.3



En cuanto al abastecimiento del agua, se observa en el gráfico 3.3 que el 90.1% de las viviendas están conectadas a la red pública y 9.9% no cuenta con este servicio.

El 30.5 % de las viviendas carece del servicio de desague y 69.5% si lo tiene.

En cuanto al abastecimiento de la energía eléctrica el 83.3% de las viviendas cuenta con este servicio y el 16.7% no lo tiene.

## .6 USO DE SUELOS

### 3.6.1 Ciudad de Ilo.

El uso del suelo en Ilo está directamente relacionado a la función primordial de la ciudad, la actividad industrial, dividida en dos procesos básicos: el ligado a la actividad pesquera y actividad minera.

El desarrollo de estas actividades industriales transformaron totalmente el primitivo asentamiento, de tal manera que la pequeña caleta de pescadores de 1 043 Hab. distribuidos en 3.6 Has. que era Ilo en 1 940, se transformó en una ciudad de 37 953 Hab. en 1 981.

### Uso Residencial

#### a. Patrones de asentamiento residencial

Como consecuencia de la estrecha relación entre la actividad productiva y la ocupación del suelo urbano se desprende una característica general respecto a los patrones de asentamiento en Ilo: la ocupación de las áreas urbanas por grupos organizados. En cuanto a los patrones de asentamiento, existen tres modalidades:

- Campamento Minero.
- Convencional (casco urbano)
- No convencional (pueblos jóvenes)

##### a.1 Campamento Minero (Ciudad Nueva distrito de Pacocha)

El patron de asentamiento tiene como característica principal el hecho de que la construcción de viviendas, equipamientos y servicios es anterior a la ocupación del área, estando ésta condicionada a las necesidades de mano de obra de la empresa minera Southern Peru Cooper Corporation. Los tipos de viviendas están en función de los niveles de ocupación y posición del trabajador en el proceso productivo. Ciudad Nueva ocupa un área total de 86.4 Has. (al año 1 983).

## a.2 Convencional (casco urbano del distrito de Ilo)

Se ha realizado a partir de una habilitación previa de las áreas por ocuparse, respetando los patrones convencionales de habilitación urbana (lotización y dotación de los servicios de infraestructura previos a la ocupación). La ocupación de estas áreas para uso residencial se dió a través de gestiones efectuadas por asociaciones de trabajadores, gremios u otras organizaciones. El área ocupada (al año 1983) por el casco urbano es de 120.3 Has.

## a.3 No Convencional (P.P.J.J. de los distritos de Ilo y Pacocha)

La ocupación del suelo urbano ha sido efectuada por grupos de distintas actividades económicas pero de similar estrato social, que son los de menores ingresos. Se han establecido generalmente por invasión de áreas eriazas sin ningún tipo de habilitación convencional, ocupando un área de 267 Has. (al año 1983).

## b. Areas Homogeneas Residenciales.

Las áreas homogéneas residenciales identificables en la ciudad son: Casco Urbano, Pueblos Jóvenes, Campamento, Areas Dispersas y Areas Rurales.

### b.1 El Casco Urbano

Ubicado al centro del área urbana del distrito de Ilo, al Oeste de la línea férrea que lo limita, esta área está conformada por las edificaciones que comprenden el núcleo central de la ciudad, es decir el área inicial alrededor de la cual se fue irradiando la ciudad y a la que se fueron sumando las urbanizaciones y conjuntos residenciales.

Dentro del casco urbano se encuentra lo que se ha denominado Casco Antiguo, cuya densidad bruta residencial es la más alta de la ciudad: 480 Hab./Ha. (al año 1983), mientras que las urbanizaciones y otros grupos residenciales, cuyo promedio general es de 170 Hab./Ha. se consideran dentro de las áreas de densidad media.

#### b.2 Pueblos Jóvenes.

Se sitúan dentro del área urbana del distrito de Ilo al Este de la línea del ferrocarril de la Southern, en esta área se encuentran los pueblos jóvenes John F. Kennedy, Miramar y Nylon San Pedro, la densidad bruta residencial promedio de esta área es de 224 Hab./ Ha. (1983)

#### b.3 Campamento

El área correspondiente al campamento situado al norte de la ciudad, concentra el 97% de la totalidad de la población del distrito de Pacocha. Su principal característica es la adecuación de los modelos y tipos de viviendas a la estratificación social de sus ocupantes derivada de su posición en el proceso productivo industrial de transformación del cobre. Las densidades brutas residenciales varían desde 248 Hab./Ha. a 46 Hab./Ha según se trate de áreas ocupadas por obreros no especializados o personal ejecutivo.

#### b.4 Areas Residenciales Dispersas.

Estas áreas engloban a los grupos de viviendas situados en áreas no integradas a los núcleos principales, parte de estos grupos se ubican en lugares que ofrece riesgos para la seguridad del propio



asentamiento, como es el caso de San Jerónimo, Patillos y el Olivar.

#### b.5 Areas Rurales

Las viviendas dentro del área rural no aparecen nucleadas sino dispersas a lo largo del valle y su población ha sido considerada como parte integrante del total de población demandante de los servicios que ofrece la ciudad.

### Uso Comercial e Industrial

#### a. Niveles de Servicio Comercial.

##### a.1 Comercio Central

La zona del comercio central de la ciudad se asienta en la avenida principal de Ilo dada la facilidad de acceso de la población y la presencia de transporte colectivo.

Este comercio es el más importante de la ciudad y está compuesto fundamentalmente por bodegas, bazares y restaurantes así como de sucursales bancarias e instituciones de crédito, oficinas provisionales, etc., que surgen a partir del crecimiento dinámico de la ciudad transformando la zona residencial en comercial.

##### a.2 Talleres Artesanales

Estos talleres, además de encontrarse dispersos en el casco central, tienen áreas especialmente lotizadas para tal fin, las mismas que no se encuentran ocupadas en su integridad. Con el mismo objetivo se ha realizado una lotización en la parte baja de Bello Horizonte, encontrándose actualmente desocupada.

b. Industrial "Zona B".

Ubicada en Cata Cata, es un área especializada en industrias relacionadas con la actividad pesquera, genera humos y olores molestos y está conformada por cuatro fábricas de harina y aceite de pescado y por una fábrica de conservas, constituyendo todas ellas el complejo pesquero de PescaPerú.

c. Industrial "Zona C".

Ubicada en el distrito de Pacocha (Ciudad Nueva), fuera del área urbana, la industria en esta zona está relacionada directamente con la actividad minera y se encuentra conformada por la fundición de cobre de la S.P.C.C. y la refinería de Minero Perú.

Esta industria genera humos molestos y nocivos a los que se les atribuye la contaminación ambiental en la ciudad de Ilo.

### 3.6.2 Ciudad de Moquegua.

La ciudad de Moquegua, como principal centro político-administrativo y de servicio de su región, se ha convertido también en el principal foco de atracción poblacional del departamento; el asentamiento de población en el espacio urbano ha determinado la predominancia del uso residencial, siendo significativa la ocupación de áreas para fines militares (cuarteles) y para equipamiento social.

#### Uso Residencial

En cuanto al uso residencial se pueden identificar, dentro del área urbana, tres formas o patrones de asentamiento:

- a. Uno correspondiente a la Zona Urbana Tradicional, que ocupa una extensión aproximada de 59.5 Has., con una densidad bruta promedio de 136 Hab/Ha. (al año 1 983). Esta zona corresponde a la mayor consolidación por tratarse del asentamiento más antiguo. Los usos se combinan en esta zona siendo importantes los usos comercial e institucional. El patrón de vivienda mantiene en gran medida su configuración original predominando las casas independientes y las casas de vecindad. En esta zona los niveles de desarrollo de la urbanización son los más altos al contar con toda la infraestructura de servicios (agua potable, desagües, energía y asfaltado de calles).
- b. Otra zona importante dentro de la ciudad está constituida por los Pueblos Jóvenes: El Siglo, Mariscal Nieto y San Francisco, los que en su conjunto ocupan una extensión de 141 Has (37% del área urbana total en 1 983), albergando una población de 14 589 Hab. (56% del total de la población urbana en 1 983) con una densidad bruta aproximada de 103 hab/ha. Estos asentamientos, que se encuentran en proceso de consolidación, cuentan sólo parcialmente con los servicios de agua y desagüe.
- c. La tercera zona la constituye el área ubicada al Norte de la zona urbana tradicional, ésta se constituyo a principios de la década de los 70, en el área natural de expansión de la ciudad; ocupa una extensión de 86 Has. (26% del área urbana total en 1 983), alberga a una población de 1 786 habitantes (7% del total de la población en 1 983), con una densidad bruta promedio de 21 Hab./Ha.

### Uso Comercial

La actividad comercial en el departamento de Moquegua es bastante reducida ocupando a sólo un 8.6% de la población económicamente activa. En la ciudad de Moquegua la actividad comercial ocupa a un 13.8% de la P.E.A., (1 295 trabajadores) que

representa en términos relativos al 43.2% de la P.E.A. ocupada en actividades comerciales en el Departamento.

La población ocupada en comercio en la ciudad de Moquegua está concentrada fundamentalmente en el comercio minorista lo que refleja la característica de esa actividad que básicamente está dirigida al abastecimiento de la población local. La existencia de un 12.4% de la P.E.A. en el rubro de restaurantes y hoteles deviene fundamentalmente de su función de servicio en el ámbito regional así como del nexo existente entre los centros de explotación minera (Cuajone y Toquepala) y esta ciudad.

Al interior de la ciudad y en función de su localización, características de los establecimientos y la función que éstos desempeñan para el abastecimiento de la población, se agrupa el comercio en tres categorías: el comercio central, el comercio disperso y los mercados.

#### Area Industrial

La utilización del suelo para fines industriales es reducido en razón de que estas actividades tienen un limitado nivel de desarrollo en la ciudad de Moquegua. Los usos industriales en realidad corresponden a la pequeña industria y a las actividades de carácter artesanal.

El nivel de desarrollo de las actividades industriales es reducido y tienen a excepción de la elaboración de licores, un alcance local, no requiriendo para su funcionamiento de un importante volumen de área; su ubicación diseminada en área urbana no sigue un patrón determinado de conformación, dándose los usos industriales en las áreas de uso residencial y muchas veces en forma complementaria.

### **3.6.3 Ciudad de Tacna.**

El uso residencial ocupa la mayor parte de la superficie que es de 875.10 Has. lo que representa el 40.15% del suelo de la ciudad.

Las actividades de intercambio se han ubicado en los mercadillos y en los ejes que los conectan, así como en el centro de la ciudad determinando un área aproximada de 21.796 Has. lo que representa el 1% del total del suelo.

El uso industrial se ha asentado en el sector norte de la ciudad ocupando 137.81 Has. lo que representa el 6.32% del total del suelo.

Otros usos albergan el resto de las actividades urbanas que están dispersas por toda la ciudad, el equipamiento urbano ocupa el 19.83% del suelo que equivalen a 432.21 Has.

En toda la ciudad existen 326.94 Has. que se usan como vías y áreas libres lo que representa el 15% del total del suelo de Tacna.

#### Area Residencial

Tiene amplio desarrollo en la ciudad con predominio unifamiliar de mediana y baja densidad que se parecían en los pueblos jóvenes y urbanizaciones que generan una fuerte tendencia al crecimiento horizontal.

En el casco antiguo, se está densificando paulatinamente a 330 Hab/Ha, cambiando en algunas zonas las viviendas antiguas por edificaciones modernas provocando la escasez de áreas racionalmente dispuestas para áreas libres, áreas verdes, etc.

Estas dos posiciones indican una segregación social espacial clara, en las áreas centrales y adyacentes están ubicados las clases alta y media, mientras que en los sectores más alejados se encuentra la clase baja marginal.

#### Area Comercial

El comercio distrital es el de mayor importancia para la ciudad de Tacna constituyendo un centro de intercambio de gran intensidad en la que se localizan los establecimientos y almacenes que por su magnitud de manejo de capital y diversidad de productos cuenta

con ámbito de comercialización regional. Este tipo de comercio se desenvuelve en las vías centrales del casco urbano. Interdistritalmente ofrece sus servicios de comercio a sectores urbanos proximos como las ciudades de Moquegua e Ilo.

En lo referente a los sectores urbanos el comercio esta constituido por establecimientos comerciales de bienes y servicios.

Actualmente Tacna cuenta con cuatro mercados modelo que son Bolognesi, Frontera, La Esperanza y Ciudad Nueva; cuenta tambien con innumerables mercadillos que se encuentran distribuidos desarticuladamente en toda la ciudad.

### Area Industrial

En la ciudad existe un lugar planificado donde se concentra la industria, este es el Parque Industrial con dos zonas bien definidas, la primera cuenta con 67 Has. mientras que la segunda tiene 70.8 Has. lo que hace un total de 137.8 Has. que representa el 6.32% del uso del suelo de Tacna.

### Area Equipamiento

El 19.38% del suelo es usado para equipamiento de los diferentes sectores.

Para el sector salud se está usando 0.27% del total del suelo, esto es 5.88 Has. Le sigue el sector Educación con 3.07% lo que significa 66.91 Has.

El equipamiento recreativo representa en el suelo urbano el 5.59% siendo parques y áreas verdes el 2.86% mientras que la infraestructura educativa es el 2.73% restante.

Finalmente hay equipamiento que pertenece a otros sectores como el terminal terrestre, correo, iglesias, etc., abarca un área de 237.57 Has. que significan el 10.9% del total del suelo de la ciudad.

### Áreas Verdes

Los parques se encuentran concentrados en el sector urbano principal, el espacio es muy deficitario sirviendo a un poco más del 50% de la población.

### Equipamiento Urbano Complementario y Otros Usos

Consideramos al equipamiento que por su singularidad no pueden ser considerados dentro de los tipos habituales de equipamiento y su nivel de acción es bastante flexible llegando en algunos casos a tener importancia a nivel regional.

Para Tacna se tiene: Aeropuerto, Terminal Ferroviario, Terminal Terrestre, Cementerio, Mercado Mayorista, Iglesias, Cuarteles Militares, Correos, Bomberos, etc. Este equipamiento ocupa el 10.9% del total del suelo.

### Infraestructura Vial

La articulación urbana está definida por un sistema vial de tendencia longitudinal en el sentido de su expansión física alternativa de mayor claridad por la estrechez del valle, sin embargo aún es deficiente para el ordenamiento transversal, la cual se implementa progresivamente (diversas troncales y circunvalaciones).

Las avenidas principales como Bolognesi, Leguia, Industrial y Circunvalación Norte otorgan adecuada orientación urbana, la que no es apreciada en sentido transversal.

Entre la jerarquía vial latente destacan dos niveles:

- Las vías secundarias a modo de colectoras que coadyuvan de alguna manera la labor de las vías principales o de acceso.
- Las vías terciarias o locales que como su nombre lo indica llegan a un lugar específico.

# CAPITULO IV

## Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna

---

En este capítulo se desarrollará el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en las ciudades seleccionadas, se definen los conceptos utilizados y se describe la metodología empleada, presentando por último los resultados obtenidos.

### 4.1 VULNERABILIDAD

#### 4.1.1 Concepto.

La vulnerabilidad de cualquier elemento estructural físico o socio-económico expuesto a un peligro natural, es su probabilidad de resultar destruido, dañado o perdido. El concepto de vulnerabilidad no es estático, sino que tiene que considerarse como un proceso dinámico. Este proceso integra el cambio y el desarrollo que alteran y afectan la probabilidad de todos los elementos expuestos (N.U. 1 982).

En base al concepto expuesto, para el presente estudio identificamos a las edificaciones como los elementos expuestos a un peligro natural que en este caso vienen a ser los sismos, se puede entonces definir lo que es la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.



#### **4.1.2 Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones.**

Es el nivel o grado de daño al que las edificaciones están expuestas a sufrir cuando se encuentren sometidas a un sismo. Se puede interpretar que el nivel de vulnerabilidad de una edificación será inversamente proporcional a la resistencia sísmica con la cual se encuentra construida, dicha resistencia puede aumentar o disminuir con el transcurrir del tiempo, por ello es un proceso dinámico y no estático.

#### **4.1.3 Condiciones de Vulnerabilidad Sísmica.**

Las condiciones de vulnerabilidad sísmica se dan cuando:

- a) Los asentamientos humanos se ubican en áreas de alta actividad sísmica.
- b) La forma de construcción de la edificación no ofrece ninguna resistencia sísmica.

Estos dos factores son los componentes de lo que se podría llamar la vulnerabilidad física de un asentamiento humano frente a los sismos. Los asentamientos humanos no ubicados en zonas sísmicas o que construyen edificaciones con criterio antisísmico no presentan condiciones de vulnerabilidad sísmica (MASKREY ET AL 1 986).

#### **4.1.4 Vulnerabilidad por Origen y Vulnerabilidad Progresiva.**

Hay asentamientos que son vulnerables en su origen, que son los Pueblos Jóvenes, donde las viviendas no han sido construidas con buen criterio antisísmico. Sin embargo, otros asentamientos, que siendo seguros en su origen, se han vuelto vulnerables con el tiempo, debido a un proceso acelerado de deterioro y falta de reacondicionamiento.

Tanto la forma de construcción de los nuevos asentamientos como el proceso de deterioro de los antiguos son parte del proceso de transformación en su conjunto, y por tanto tienen que entenderse como parte integral de éste. No sorprende entonces que la vulnerabilidad progresiva en sus aspectos físicos esté íntimamente relacionado con la vulnerabilidad progresiva en sus aspectos sociales, económicos y culturales (MASKREY ET AL 1,986).

#### **4.2 CLASIFICACION DE LAS EDIFICACIONES SEGUN SU COMPORTAMIENTO SISMICO.**

Para poder determinar el estado de vulnerabilidad de las edificaciones, es necesario clasificar los diferentes sistemas de construcción en un determinado número de categorías. La consideración básica para desarrollar un esquema de clasificación es la diferencia del grado de resistencia sísmica que las edificaciones presentan. Dicha resistencia define el comportamiento sísmico de una edificación la cual depende de diversas características como el tipo de sistema estructural, los materiales de construcción, el tamaño del edificio, mano de obra, estado de conservación, etc.

Diversas investigaciones realizadas en nuestro país, han definido claramente que las construcciones de adobe son las que presentan un comportamiento más débil frente a sismos (menor resistencia sísmica, mayor vulnerabilidad), asimismo las edificaciones de albañilería con y sin confinar han merecido diversos estudios con el fin de determinar su comportamiento sísmico, concluyéndose que las de albañilería confinada ofrecen una mayor resistencia sísmica (menor vulnerabilidad).

Teniendo en cuenta dichas investigaciones, Kuroiwa (1992), ha definido cuatro tipos de comportamiento de las edificaciones según el grado esperado de su resistencia sísmica, esta clasificación abarca los tipos de edificaciones más comunes que existen en Latinoamérica.

## **TIPO 1: Construcciones Sísmicas Muy Débiles**

- Construcciones de tierra conocidas como adobe, piezas cuyas dimensiones más comunes son de 40x25x18 cms., lo que dá muros de 40 y 25 cm. de espesor dependiendo del aparejo usado. Las construcciones antiguas utilizaron adobe de mayores dimensiones y por lo tanto los muros resultantes son de mayor espesor.

- Edificaciones construidas con tierra humeda apisonada en moldes o formas de madera, resultando bloques de tierra de 50 a 80 cm. de espesor, 50 a 100 cm. de altura y 80 a 150 cm. de largo dispuesto de tal forma que conforman los muros de las edificaciones, que en muchos casos son innecesariamente altos. En el Perú toma el nombre de adobón.

- Edificaciones construidas con bloques de piedra de diferentes formas y tamaños, unidas con mortero de barro.

Estas edificaciones por lo general tienen techos ligeros y flexibles constituidos por vigas de madera, troncos o caña gruesa; y la cobertura planchas onduladas de zinc, asbesto cemento, cañas delgadas, hojas de palmeras o materiales similares.

## **TIPO 2: Construcciones Sismicamente Débiles**

- Edificaciones de albañilería de ladrillo (tierra cocida) o bloques de concreto unidas con mortero de arena-cemento; sin refuerzo de columnas y vigas collar de concreto armado, con techo ligero ó flexible.

- Edificaciones con bloques de piedras unidas con mortero de arena cemento; sin refuerzo de columnas y vigas collar.

- Construcciones de madera y/o caña recubiertas con tierra (bahareque, quincha) cuyos miembros estructurales están

debilitados por la acción de insectos o descompuestos por la acción de sucesivos humedecimientos y secado.

Estas edificaciones tienen techos ligeros y flexibles constituidos por vigas de madera, troncos o caña gruesa; y la cobertura planchas onduladas de zinc, asbesto cemento, cañas delgadas, hojas de palmeras o materiales similares.

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillo (tierra cocida), bloques de concreto o piedra tallada, unidas con mortero de arena cemento, con techo rígido y pesado generalmente de concreto reforzado, con baja densidad de muros (menor o igual a  $8 \text{ cm/m}^2$ ), sin columnas de confinamiento, ni refuerzo interior en los muros

- Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto. Con estructuración inadecuada para resistir sismos por la presencia de columnas cortas, excentricidad, poca rigidez lateral en una de las direcciones principales, insuficiente separación con el bloque adyacente o edificios vecinos y con otras deficiencias estructurales. No diseñadas para resistir sismos, concreto de baja resistencia y ausencia de muros de corte para tomar cargas laterales.

### **TIPO 3: Construcciones Livianas y Normales.**

- Construcciones Livianas , que tienen poco peso propio y por lo tanto en caso de sismos generan fuerzas de inercia poco intensas. La estructura resistente lo constituyen piezas de madera cuadrillado en estado rústico (troncos), caña gruesa (tipo caña de guayaquil), y el relleno de los muros son tablas, cañas delgadas, ramas de árboles recubiertas con

barro. Dentro de este grupo se incluye el bahareque de Centro América, la quincha de Perú, las viviendas de madera del Sur de Chile y construcciones de características similares que se construyen en la región.

- Construcciones Normales, de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto, con algunos muros de concreto reforzado para tomar fuerzas horizontales sin tener una concepción ideal para resistir terremotos pudiendo tener en la construcción y supervisión uno de los defectos señalados como construcción debil. Concreto de resistencia normal ( $f'_c = 210 \text{ kg/m}^2$ ).

#### **TIPO 4: Construcciones Sismo-resistentes**

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillo (tierra cocida) o bloques de concreto de buena calidad, unidas con mortero de arena cemento, con techo rígido y pesado generalmente de concreto reforzado. Con densidad de muros igual o superior a  $8 \text{ cm/m}^2$ , con columnas y vigas de concreto reforzado o con refuerzo interior. Sin columnas de amarre puro con  $25 \text{ cm/m}^2$  o más de densidad de muros. Buena mano de obra.

- Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto. Concebidas, diseñadas y construidas para resistir sismos utilizando modernas técnicas sismorresistentes con muros de corte de concreto

reforzado simétricamente distribuidos en planta y elevación, capaces de controlar la deformación lateral dentro de límites que evitan las fallas de elementos frágiles como vidrios o muros de relleno aún en caso de sismos intensos. Concreto de buena calidad ( $f'c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$ ). Buena mano de obra y supervisión.

La clasificación presentada, forma parte de la Escala de Intensidades Mercalli Modificada para los países andinos (M.M.A-92) elaborada por Kuroiwa, cuya versión se presenta en el anexo "B".

### **4.3 DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES.**

#### **4.3.1 Metodología Empleada.**

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones en base a la clasificación presentada, se han empleado encuestas dirigidas a obtener la información necesaria para establecer su comportamiento sísmico; los modelos de las encuestas se presentan en el anexo "C".

Teniendo en cuenta que existen numerosas edificaciones de diferentes tipos en las ciudades de estudio, se está utilizando el método de muestreo recomendado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y que ya ha sido empleado en otros estudios similares. Esta metodología encajó con la disponibilidad de recursos y las necesidades de precisión que se requería de acuerdo con el tipo de decisiones que podrían tomarse durante el desarrollo del estudio.

Se buscó que los resultados a obtenerse sean creíbles y demostrables de tal manera que sirvan para plantear soluciones prácticas orientadas a disminuir el nivel de vulnerabilidad en aquellas edificaciones que lo requieran.

Las ciudades seleccionadas fueron preliminarmente inspeccionadas, dividiéndolas luego en áreas de características

similares por el tipo de material de construcción predominante, antigüedad y tipo de suelo. Del total de manzanas existentes en cada sector, se escogió el 5% y luego de éstas se encuestó el 10% de las edificaciones.

#### **4.3.2 Obtención de la Muestra.**

Se obtuvo la muestra con la mayor precisión posible bajo las circunstancias y recursos disponibles encontrados en cada ciudad, esta exigencia fue necesaria debido a que para la evaluación del comportamiento sísmico de las edificaciones indispensablemente se debe contar con el uso de información confiable.

Lamentablemente en las ciudades de estudio no se encontraron inventarios actualizados de las edificaciones, información que hubiese sido de valioso apoyo en el presente estudio, salvo en la ciudad de Tacna en la que se estaba implementando por parte de la Municipalidad. A pesar de ello, utilizándose la poca información obtenida se realizó el trabajo de inspección de manzanas y encuestas en edificaciones para recojer la muestra en cada ciudad, el cual estuvo dirigido a las edificaciones cuyo uso es de viviendas, las de otro uso, consideradas especiales, como aquellas que tienen un potencial de pérdidas grande por ser lugar que pueden congregarse un gran número de personas, no han sido encuestadas pues no son elementos estándar y por lo tanto requieren de un estudio individual y detallado lo que hace que no se les incluya en un estudio de este alcance; no se puede ignorar que son una amenaza potencial por lo que deben ser evaluados en posteriores estudios.

En general, los resultados obtenidos indican que se han empleado diversos materiales de construcción en las edificaciones, desde cartón, esteras, planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc y madera en muros y techos de edificaciones provisionales; adobe, quincha, ladrillos de concreto o arcilla, bloquetas de concreto con y sin elementos de confinamiento de concreto armado en muros utilizándose caña, madera, planchas onduladas de asbesto-

cemento o zinc, losas de concreto armado con ladrillos huecos de concreto y arcilla en techos de edificaciones estables.

Esta variedad, tanto de material de construcción como del sistema estructural empleado, motivó clasificar las edificaciones en cuatro grupos, utilizándose como base la clasificación empleada por Kuroiwa (1992) y presentada anteriormente, los cuatro tipos de edificación que se han definido y con las cuales se ha trabajado son:

- Tipo 1:** Edificación Sísmicamente Muy Débil.
- Tipo 2:** Edificación Sísmicamente Débil.
- Tipo 3:** Edificación Sísmicamente Semi-resistente.
- Tipo 4:** Edificación Sísmicamente Resistente.

Esta clasificación permite identificar la edificación encuestada ubicándola en uno de los cuatro tipos, permitiendo luego obtener un resultado global del tipo de edificación encontrado en cada sector de las ciudades en estudio.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las diferentes ciudades, describiéndose en cada una de ellas las características de cada tipo de edificación.

#### 4.3.3 Ciudad de Ilo.

Para la realización de las encuestas, se sectorizó la ciudad en cuatro zonas, en base a las características de formación, antigüedad, material de construcción predominante, etc. Esta sectorización se ilustra en la Lámina I.3 y comprende:

- Sector I : Casco urbano antiguo de la ciudad y asentamientos ubicados en la periferie.
- Sector II : Pueblos Jóvenes ubicados en el talud.
- Sector III : Urbanizaciones
- Sector IV : Ciudad Nueva (distrito de Pacocha).



Para el estudio no se está considerando la zona de expansión conocida como Nuevo Ilo ubicado en la Pampa Inalámbrica ya que se encuentra en pleno proceso de consolidación.

Siguiendo con la metodología expuesta anteriormente, en la **Lámina I.3a** se indican las manzanas que fueron inspeccionadas en cada sector y en las que se ejecutaron las encuestas.

En el Cuadro N° 4.1 se muestra el número de manzanas y edificaciones que se han considerado por cada sector, no se presenta el sector IV (Ciudad Nueva) debido a que el total de sus edificaciones son del tipo IV.

**Cuadro N° 4.1**  
**Manzanas Inspeccionadas por Sector**  
**Ciudad de Ilo**

SECTOR	N° MANZANAS	N° EDIFICACIONES
I	16	287
II	18	400
III	12	141

Se presenta en el Cuadro N° 4.2 la distribución de la altura de las edificaciones por sector, se observa que las de 1 piso predominan en el sector II, las de 2 pisos en los sectores III y IV (Ciudad Nueva), las de 3 pisos en el sector IV y mayores de 3 pisos se dispersan en los sectores I y III. En las Láminas I.4 al I.7 se muestran los resultados para cada tipo de altura en un rango de variación que se basa en el cuadro mencionado.

**Cuadro N° 4.2**  
**Distribución de Alturas por Sector**  
**Ciudad de Ilo**

SECTOR	1 PISO	2 PISOS	3 PISOS	MAYOR DE 3
I	42%	44%	11%	3%
II	65%	33%	2%	0%
III	35%	53%	10%	2%
IV	5%	55%	40%	0%

En el Cuadro N° 4.3 se muestra la distribución por sector de los cuatro tipos de edificaciones definidos anteriormente. Asimismo se presenta gráficamente los resultados en las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3

**Cuadro N° 4.3**  
**Distribución de Tipos de Edificaciones por Sector**  
**Ciudad de Ilo**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	12%	25%	19%	44%
II	8%	22%	70%	0%
III	0%	0%	6%	94%
IV	0%	0%	0%	100%

A continuación, se describe los tipos de edificación encontrados

**Tipo 1: Sísmicamente Muy Débiles**

Edificaciones de adobe con más de 100 años de construidas, ubicadas en el casco antiguo, con techo flexible y ligero de cobertura de madera o caña cubierta con torta de barro, planchas onduladas de zinc ó asbesto cemento cimentación de piedra con barro, mayoritariamente de 1 piso en mal estado de conservación. Sin ningún tipo de refuerzo estructural.

- Edificaciones provisionales construidos con materiales como cartón, madera, esteras, planchas onduladas de zinc o asbesto-cemento sin ningún tipo de soporte estructural.

En el Cuadro N° 4.4 y Lámina I.8 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.3

**FIGURA 4.1**  
**TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES**  
**CIUDAD DE ILO**

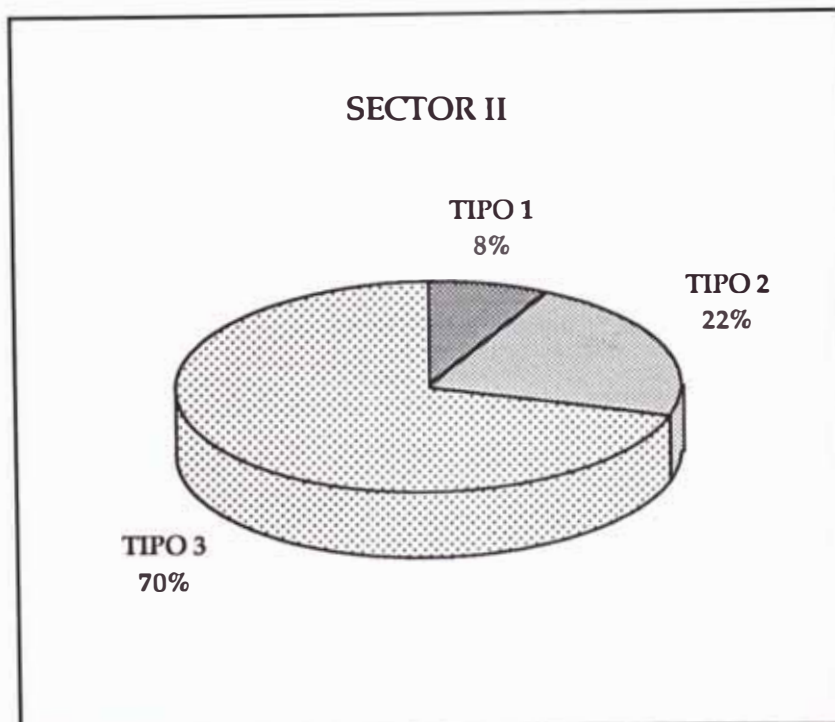
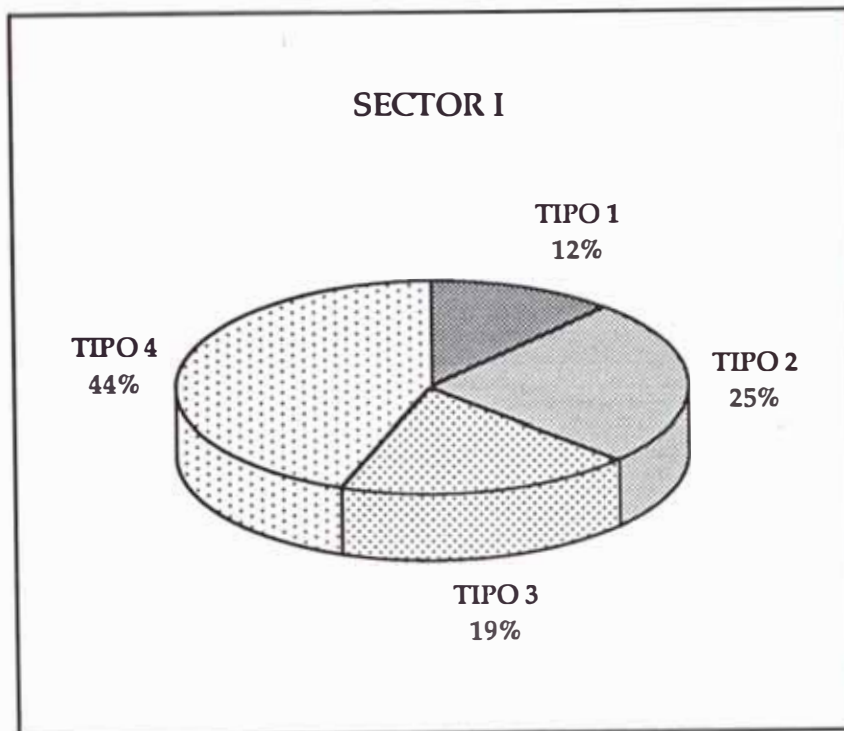
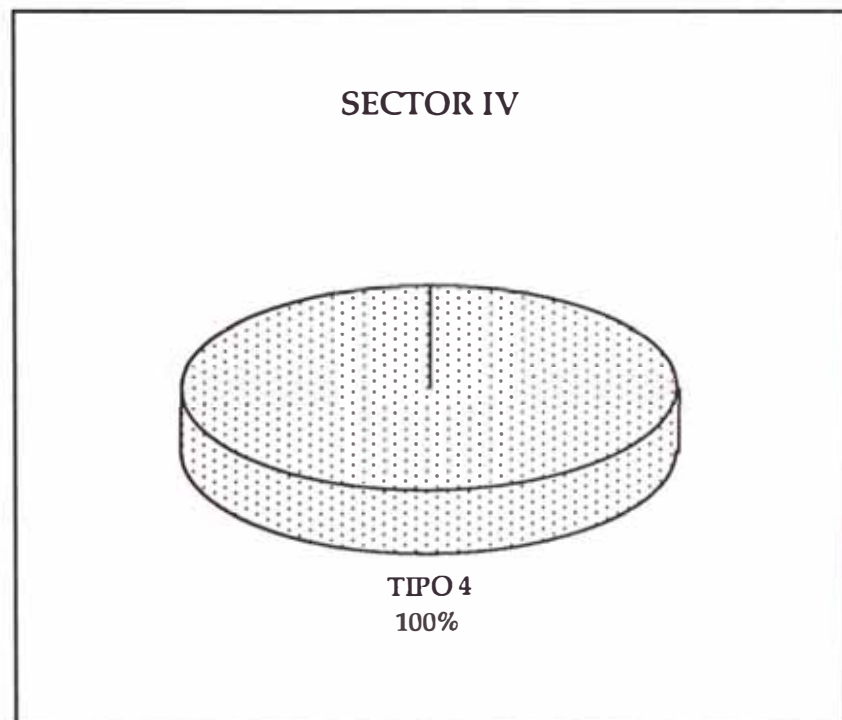
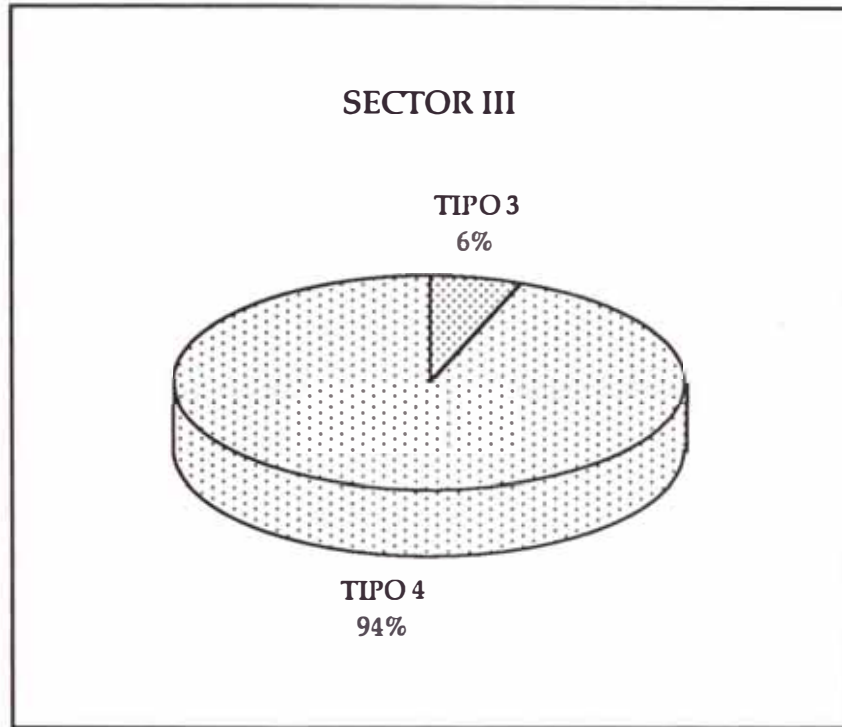
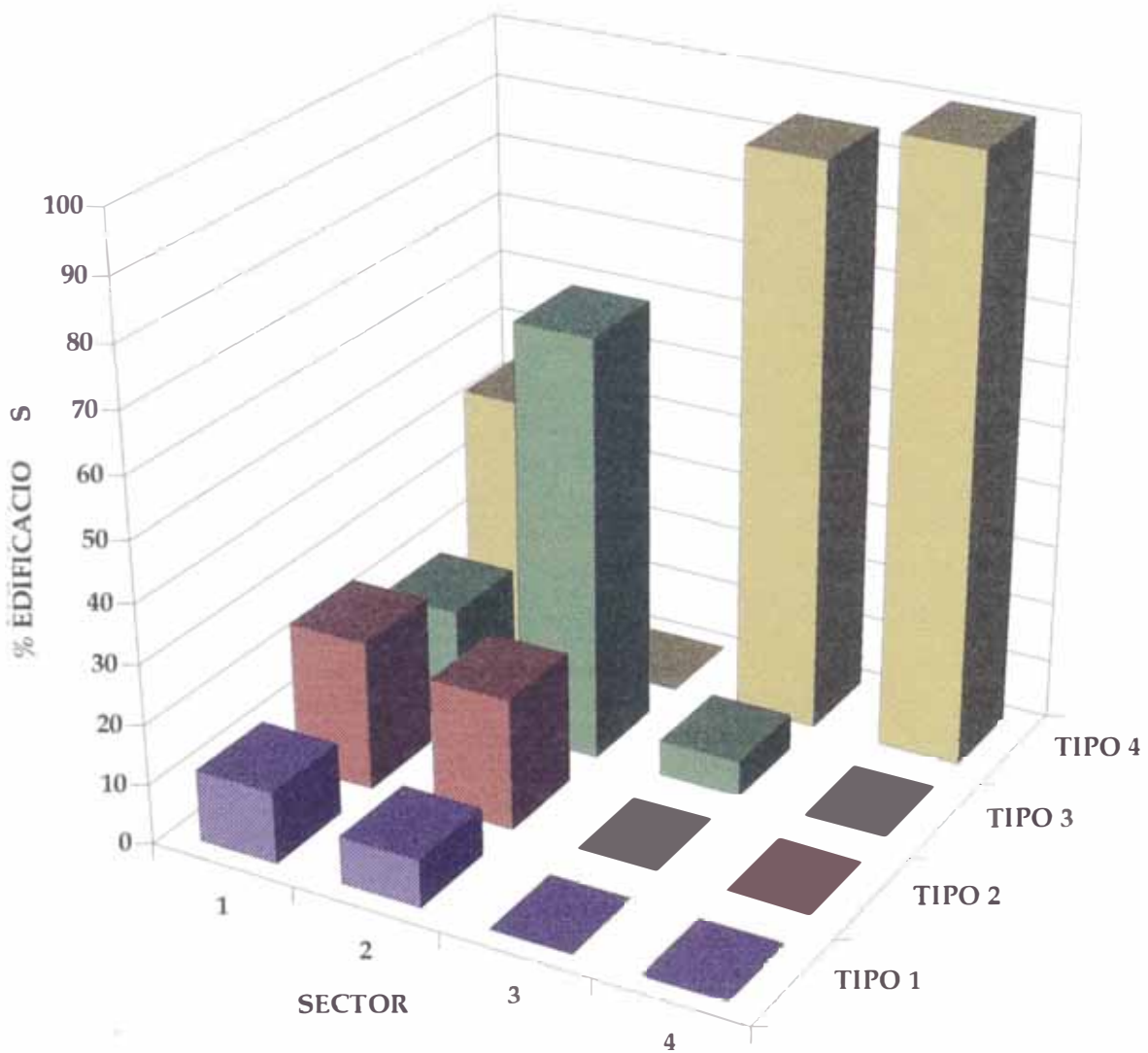


FIGURA 4.2  
TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES  
CIUDAD DE ILO



**FIGURA 4.3 - DISTRIBUCION DE PORCENTAJE DEL TIPO DE EDIFICACIONES POR SECTOR EN LA CIUDAD DE ILO**



**Cuadro N° 4.4**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 1 por Sectores**  
**Ciudad de Ilo.**

SECTOR	EDIFICACIONES
	TIPO 1
I	0 - 15 %
II	0 - 15 %
III	0 %
IV	0 %

**Tipo 2: Sísmicamente Débiles**

- Edificaciones construidas con muros de ladrillos (0.15 X 0.25 X 0.9 m.) o bloquetas (0.30 X 0.18 X 0.13 m.) de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, unidos con mortero de arena-cemento, con o sin columnas de concreto reforzado, sin viga collar, con techo ligero y flexible de cobertura de planchas onduladas de zinc ó asbesto cemento apoyados sobre vigas de madera, con cimentación de concreto simple, de regular a buen estado de conservación.
  
- Edificaciones construidas de quincha ó muros de paneles de madera con cobertura de planchas onduladas de zinc ó asbesto cemento, cuyos miembros estructurales están debilitados por la acción de insectos o sucesivos humedecimientos y secado, con techo ligero y flexible tipo Mojinete (a dos aguas) de madera o caña con cobertura de torta de barro utilizándose también planchas onduladas de zinc o asbesto-cemento, de mal a regular estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.5 y Lámina I.9 se indica el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en los diferentes sectores, en base a los resultados del Cuadro N° 4.3

**Cuadro N° 4.5**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 2 por Sectores**  
**Ciudad de Ilo.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 2
I	20 - 35 %
II	20 - 35 %
III	0 %
IV	0 %

**Tipo 3: Sísmicamente Semi-resistentes**

Edificaciones de albañilería con ladrillos (0.15 X 0.25 X 0.9 m.) o bloquetas (0.30 X 0.18 X 0.13 m.) de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, unidos con mortero de arena-cemento, con columnas, vigas de amarre y techo rígido de concreto reforzado aligerado con bloquetas huecas de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, con densidad de muros mayor en sentido perpendicular a la fachada y menor en el sentido paralelo, autoconstruido sin haber tenido dirección técnica, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.6 y Lámina I.10 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.3

**Cuadro N° 4.6**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 3 por Sectores**  
**Ciudad de Ilo.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 3
I	20 - 35 %
II	60 - 75 %
III	0 - 15 %
IV	0 %

#### **Tipo 4: Sísmicamente Resistentes**

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillos o bloquetas de concreto ó ladrillos de arcilla hechos en fábrica unidos con mortero de arena-cemento, con columnas, vigas y techo rígido de concreto reforzado. aligerado con bloquetas huecas de concreto o ladrillos huecos de arcilla hechos en fábrica. Con densidad de muros adecuada en ambas direcciones, en buen estado de conservación.
- Edificaciones construidas con elementos pre-fabricados de concreto reforzado (Ciudad Nueva), en buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.7 y Lámina I.11 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.3

**Cuadro N° 4.7**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 4 por Sectores**  
**Ciudad de Ilo.**

<b>SECTOR</b>	<b>EDIFICACIONES TIPO 4</b>
I	40 - 55 %
II	0 %
III	80 - 100 %
IV	80 - 100 %

En base a los resultados expuestos, se ha determinado el tipo de edificación predominante en cada sector, para ello se ha considerado como predominante aquella cuya presencia es del 25% como mínimo por sector, aplicando este criterio en los resultados del Cuadro 4.3 se obtiene la Lámina I.11a.



La sectorización del tipo de edificación predominante permite obtener la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en la ciudad de Ilo, para ello se han tomado las siguientes consideraciones:

- Sectores III y IV donde predominan las edificaciones tipo 4: **Vulnerabilidad Baja.**
- Sector II donde predominan las edificaciones tipo 3: **Vulnerabilidad Media.**
- Sector I donde predominan las edificaciones tipo 2 y 4: **Vulnerabilidad Alta y Baja.**

Se recalca que en el Sector I se tiene la presencia de edificaciones tipo 1 (Sísmicamente Muy Débiles = 12%) y tipo 2 (Sísmicamente Débil = 25%) que en conjunto suman el 37% y son los que presentan una alta vulnerabilidad, pero en el mismo sector existe un 44% de edificaciones tipo 4 las cuales presentan una baja vulnerabilidad, por ello se considera en el Sector I los niveles de Vulnerabilidad como Alto y Bajo.

En la Lámina I.11b se presentan los resultados finales de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones para la ciudad de Ilo así como también en el Cuadro N° 4.8

**Cuadro N° 4.8**  
**Vulnerabilidad Sísmica por Sectores**  
**Ciudad de Ilo.**

SECTOR	VULNERABILIDAD
I	Alta y Baja.
II	Media.
III	Baja.
IV	Baja.

#### 4.3.4 Ciudad de Moquegua

Para la realización de las encuestas en esta ciudad, se determinaron seis sectores, en base a las características de formación, antigüedad, material de construcción predominante, etc., las cuales comprenden:

Sector I	:	Zona Norte de la ciudad, comprende las construcciones realizadas por FONAVI.
Sector II	:	Zona Norte de la ciudad, asentamientos ubicados frente al A.H.M. San Francisco.
Sector III	:	Asentamiento Humano Marginal "San Francisco"
Sector IV	:	Asentamiento Humano Marginal "El Siglo".
Sector V	:	Asentamiento Humano Marginal "Mariscal Domingo Nieto".
Sector VI	:	Zona Monumental de Moquegua.

Esta sectorización se ha representado en la lámina **M.2**. No se considera en el desarrollo del presente estudio la zona conocida como "Pampa San Antonio" por ser actualmente un área de expansión urbana en proceso de consolidación.

Se presenta en la **Lámina M.2a** las manzanas que fueron inspeccionadas por sector y en las que se ejecutaron las encuestas.

En el **Cuadro N° 4.9** se muestra el número de manzanas y edificaciones que se han considerado por cada sector, no se presenta el Sector I (Zona Norte) debido a que el total de sus edificaciones son del tipo IV; tampoco se ha considerado el Sector VI (Zona Monumental) ya que se están utilizando los resultados obtenidos anteriormente por Vizcarra (1 986).

**Cuadro N° 4.9**  
**Manzanas Inspeccionadas por Sector**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	Nº MANZANAS	Nº EDIFICACIONES
II	3	101
III	13	124
IV	4	77
V	12	344

Se presenta en el Cuadro N° 4.10 la distribución de la altura de las edificaciones por sector, se observa que las de 1 piso predominan en los Sectores II, III, IV, V y VI y las de 2 pisos en el Sector I, las pocas edificaciones mayores de 2 pisos se encuentran dispersas en los diferentes sectores. En las Láminas M.3 al M.6 se muestran los resultados para cada tipo de altura en un rango de variación que se basa en el cuadro mencionado.

**Cuadro N° 4.10**  
**Distribución de Alturas por Sector**  
**Ciudad de Moquegua**

SECTOR	1 PISO	2 PISOS	3 PISOS	MAYOR DE 3
I	35%	59%	5%	1%
II	68%	28%	4%	0%
III	80%	15%	5%	0%
IV	88%	9%	3%	0%
V	96%	4%	0%	0%
VI	80%	18%	1%	1%

En el Cuadro N° 4.11 se muestra la distribución por sector de los cuatro tipos de edificación definidos anteriormente. También se presentan gráficamente los resultados en las Figuras 4.4, 4.5 y 4.6

FIGURA 4. 4  
TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES  
CIUDAD DE MOQUEGUA

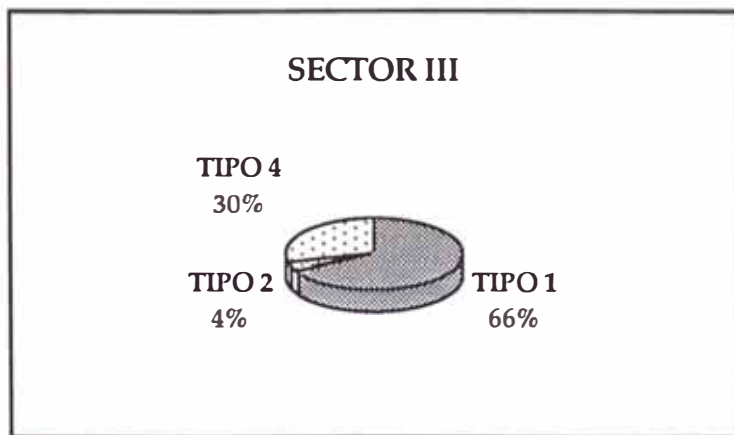
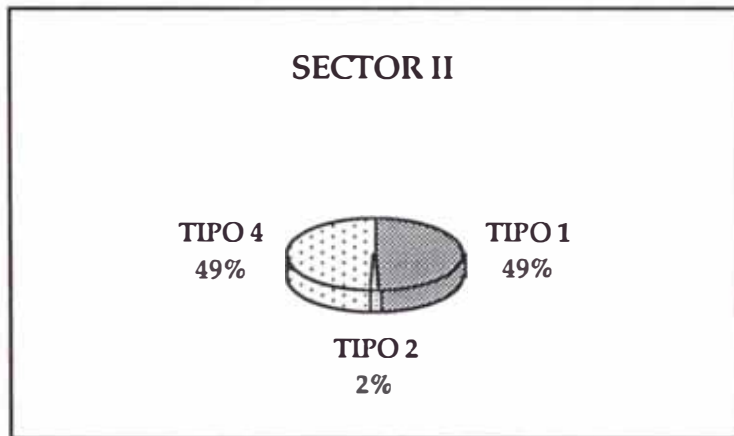
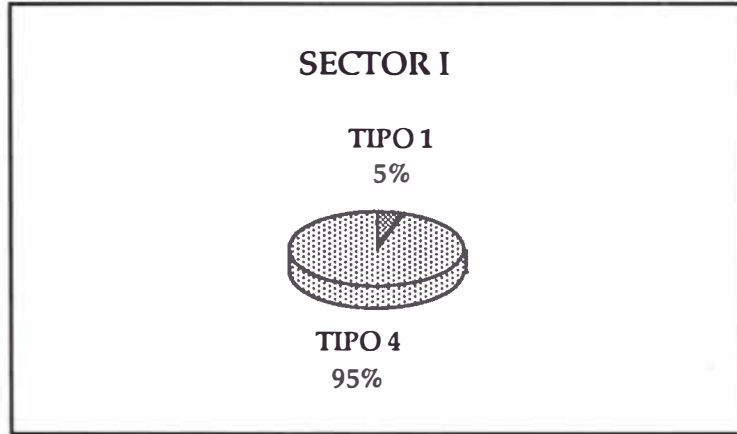
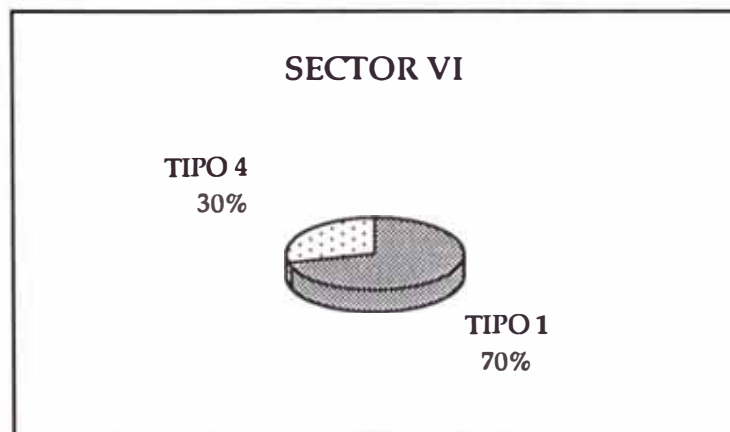
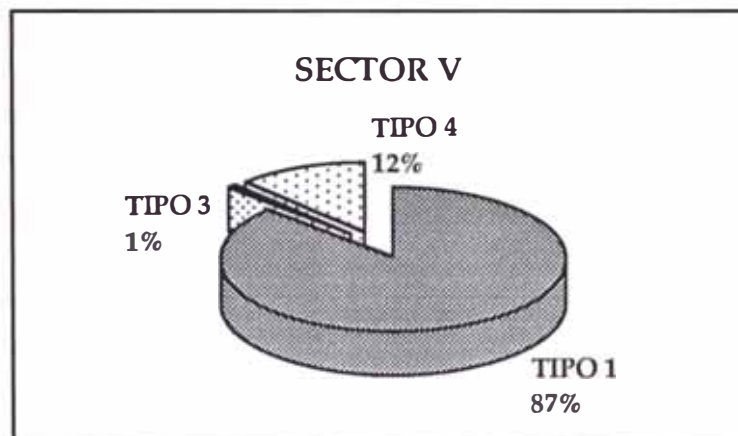
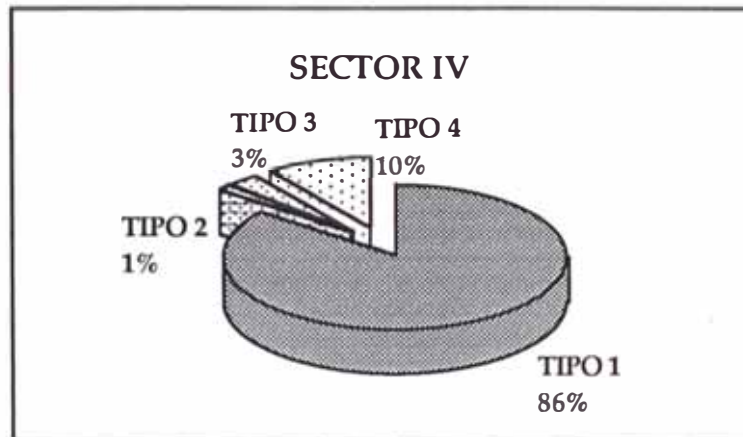
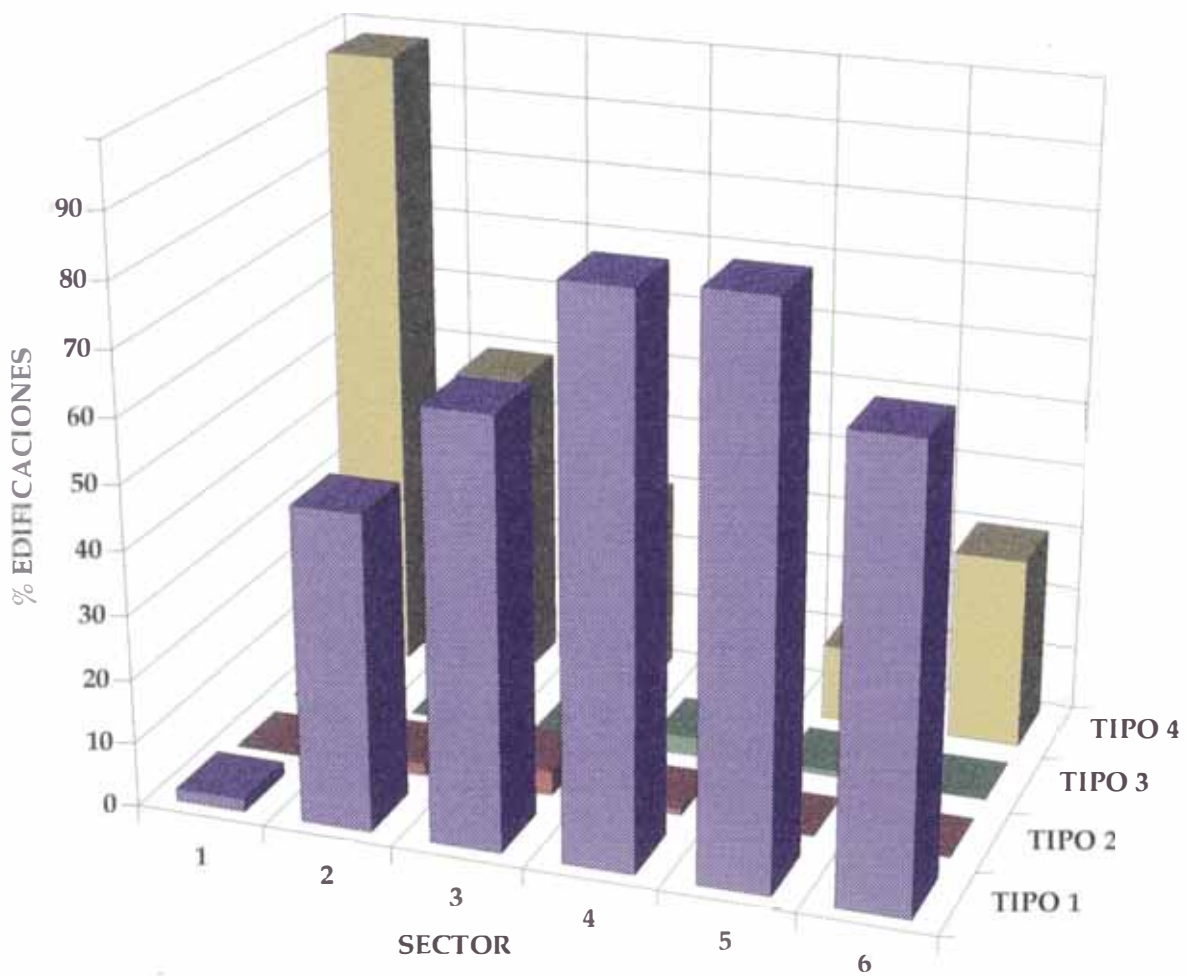


FIGURA 4.5  
TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES  
CIUDAD DE MOQUEGUA



**FIGURA 4.6 - DISTRIBUCION DE PORCENTAJE DEL TIPO DE EDIFICACIONES POR SECTOR EN LA CIUDAD DE MOQUEGUA**



**Cuadro N° 4.11**  
**Distribución de Tipos de Edificaciones por Sector**  
**Ciudad de Moquegua,**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	5%	0%	0%	95%
II	49%	2%	0%	49%
III	66%	4%	0%	30%
IV	86%	1%	3%	10%
V	87%	0%	1%	12%
VI	70%	0%	0%	30%

A continuación, se describe los tipos de edificación encontrados

**Tipo 1: Sísmicamente Muy Débiles**

- Edificaciones con adobe cuyas dimensiones son de 0.40 m. x 0.80 m. x 0.15 m., con más de 100 años de construidas, ubicadas en la Zona Monumental (zona central), con techo flexible y ligero tipo Mojinete (a dos aguas) con cobertura de madera o caña cubierta con torta de barro, cimentación de piedra con barro, mayoritariamente de 1 piso en mal estado de conservación. Sin ningún tipo de refuerzo estructural.
  
- Edificaciones con muros de adobe con dimensiones 0.30 x 0.35 x 0.12 m. con una antigüedad mayor de 25 años, ubicados en los Asentamientos Humanos Marginales "San Francisco", "El Siglo", "Domingo Nieto", y la Zona Norte ubicada frente a "San Francisco", con techo flexible y ligero con cobertura de madera o caña con torta de barro, también planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc., con cimentación de piedra con barro, mayoritariamente de 1 piso, de regular a mal estado de conservación. Sin ningún tipo de refuerzo estructural.

En el Cuadro N° 4.12 y Lámina M.7 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.11

**Cuadro N° 4.12**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 1 por Sectores**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 1
I	0 - 5 %
II	40 - 55 %
III	60 - 75 %
IV	80 - 100 %
V	80 - 100 %
VI	60 - 75 %

**Tipo 2: Sísmicamente Débiles**

- Edificaciones construidas con ladrillos de arcilla o concreto unidos con mortero de arena-cemento, con o sin columnas de concreto reforzado, sin viga collar, con techo ligero y flexible con cobertura de planchas onduladas de zinc ó asbesto-cemento apoyados sobre vigas de madera, sin viga collar, con cimentación de concreto simple, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.13 y Lámina M.8 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.11



**Cuadro N° 4.13**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 2 por Sectores**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 2
I	0 %
II	0 - 5 %
III	0 - 5 %
IV	0 - 5 %
V	0 - 5 %
VI	0 %

**Tipo 3: Sísmicamente Semi-resistentes**

- Edificaciones de albañilería de ladrillos de arcilla o concreto fabricados artesanalmente de calidad inferior unidos con mortero de arena-cemento, con columnas, vigas de amarre y techo rígido de concreto reforzado aligerado con ladrillos huecos de arcilla, con densidad de muros mayor en sentido perpendicular a la fachada y menor en el sentido paralelo, autoconstruido sin haber tenido dirección técnica, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.14 y Lámina M.9 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.11

**Cuadro N° 4.14**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 3 por Sectores**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 3
I	0 %
II	0 %
III	0 - 5 %
IV	0 - 5 %
V	0 - 5 %
VI	0 %

**Tipo 4: Sísmicamente Resistentes**

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillos de arcilla hechos en fábrica unidos con mortero de arenacemento, con columnas, vigas de amarre y techo rígido de concreto reforzado, aligerado con ladrillos huecos de arcilla hechos en fábrica. Con densidad de muros adecuada en ambas direcciones, buen estado de conservación

En el Cuadro N° 4.15 y Lámina M.10 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.11

**Cuadro N° 4.15**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 4 por Sectores**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 4
I	80 - 100 %
II	40 - 55 %
III	20 - 35 %
IV	5 - 15 %
V	5 - 15 %
VI	20 - 35 %

En base a los resultados expuestos, se ha determinado el tipo de edificación predominante en cada sector mostrándose en la Lámina M.10a, a diferencia del criterio utilizado para la ciudad de Ilo, en Moquegua existe un fuerte contraste en el predominio del tipo de edificación encontrado por lo que se ha considerado como tal aquella cuya presencia es del 40% como mínimo en cada sector, aplicando este criterio en los resultados del Cuadro 4.12.

La sectorización del tipo de edificación predominante permite obtener la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en la ciudad de Moquegua, para ello se han tomado las siguientes consideraciones:

- Sector I donde predominan las edificaciones tipo 4: **Vulnerabilidad Baja.**
- Sector II donde predominan las edificaciones tipo 1 y 4: **Vulnerabilidad Alta y Baja.**
- Sectores III, IV, V y VI donde predominan las edificaciones tipo 1: **Vulnerabilidad Alta.**

Se recalca que en el Sector II se tiene la presencia de edificaciones tipo 1 (Sísmicamente Muy Débiles = 49%) y tipo 2 (Sísmicamente Débil = 2%) que en conjunto suman el 51% y son los que presentan una alta vulnerabilidad, pero en el mismo sector existe un 49% de edificaciones tipo 4 las cuales presentan una baja vulnerabilidad, por ello se considera en el Sector I los niveles de Vulnerabilidad como Alto y Bajo.

En la Lámina M.10b se presentan los resultados finales de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones para la ciudad de Moquegua, así como también en el Cuadro N° 4.16

**Cuadro N° 4.16**  
**Vulnerabilidad Sísmica por Sectores**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	VULNERABILIDAD
I	Baja.
II	Alta y Baja.
III	Alta.
IV	Alta.
V	Alta.
VI	Alta.

#### 4.3.2 Ciudad de Tacna.

La ciudad de Tacna está comprendida por cuatro distritos que son Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay; la ubicación de estos distritos se puede apreciar en la lámina T.2.

Se sectorizó la ciudad en ocho zonas, en base a las características de formación, antigüedad, material de construcción predominante, etc. Esta sectorización comprende:

Sector I	:	Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva
Sector II	:	Centros Poblados Menores Leguia, Para Grande, Para Chico, Villa Panamericana.
Sector III	:	Urbanizaciones recientemente habilitadas.
Sector IV	:	Centro Poblado Menor La Natividad.
Sector V	:	Distrito de Pocollay.
Sector VI	:	C.P.M. Bolognesi.
Sector VII	:	Primeras urbanizaciones.
Sector VIII	:	Casco urbano antiguo.

Esta sectorización se ha representado en la Lámina T.3. No se considera en el estudio el área conocida como Cono Sur por ser el área de expansión en proceso de consolidación.

En la Lámina T.3a se muestran las manzanas que por sector fueron inspeccionadas ejecutándose en ellas las encuestas.

En el Cuadro N° 4.17 se muestra el número de manzanas y edificaciones que se han considerado por cada sector, no se presenta el Sector III ya que es un zona compartida por terrenos de cultivo y áreas residenciales conformada mayoritariamente por edificaciones tipo 4.

**Cuadro N° 4.17**  
**Manzanas Inspeccionadas por Sector**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	N° MANZANAS	N° EDIFICACIONES
I	12	241
II	4	48
IV	5	114
V	3	77
VI	5	142
VII	6	164
VIII	9	213

Se presenta en el Cuadro N° 4.18 la distribución de la altura de las edificaciones por sector, se observa que las de 1 piso predominan en los Sectores I, II, IV, V, VI, VII y VIII, las de 2 pisos en el Sector II y VII, las de 3 pisos se han dispersado en todos los sectores y las mayores de 3 pisos se concentran en los sectores III, VI, VII y VIII.

En las Láminas M.3 al M.6 se muestran los resultados para cada tipo de altura en un rango de variación de porcentaje que se basa en el cuadro mencionado.

**Cuadro N° 4.18**  
**Distribución de Alturas por Sector**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	1 PISO	2 PISOS	3 PISOS	MAYOR DE 3
I	90%	8%	2%	0%
II	96%	4%	0%	0%
III	24%	64%	8%	4%
IV	85%	14%	1%	0%
V	88%	12%	0%	0%
VI	71%	27%	2%	0%
VII	59%	36%	4%	1%
VIII	61%	26%	8%	5%

En el Cuadro N° 4.19 se muestra la distribución por sector de los cuatro tipos de edificación definidos anteriormente. También se presentan gráficamente los resultados en las Figuras 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10

**FIGURA 4.7**  
**TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES**  
**CIUDAD DE TACNA**

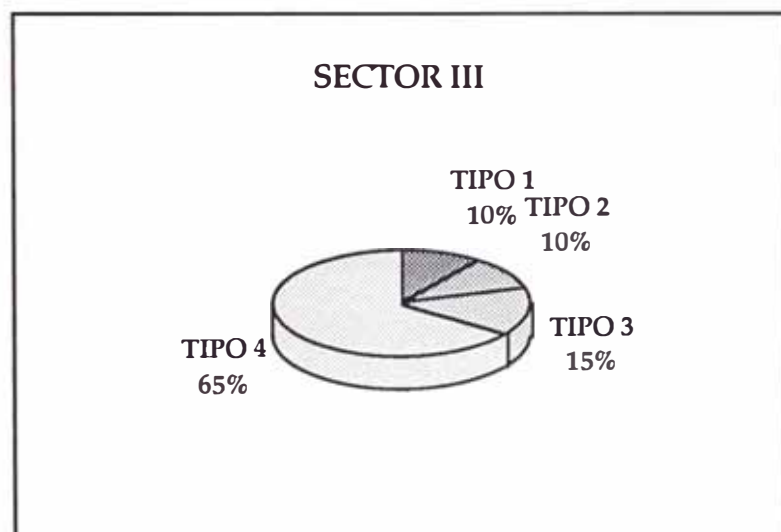
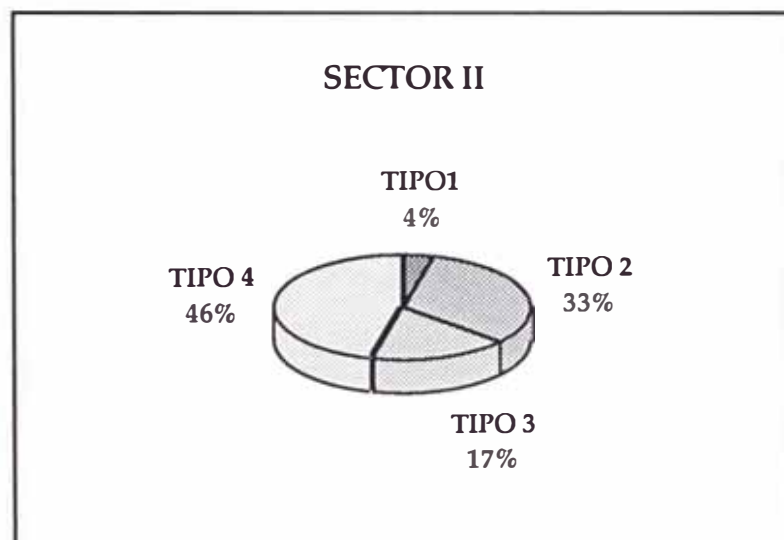
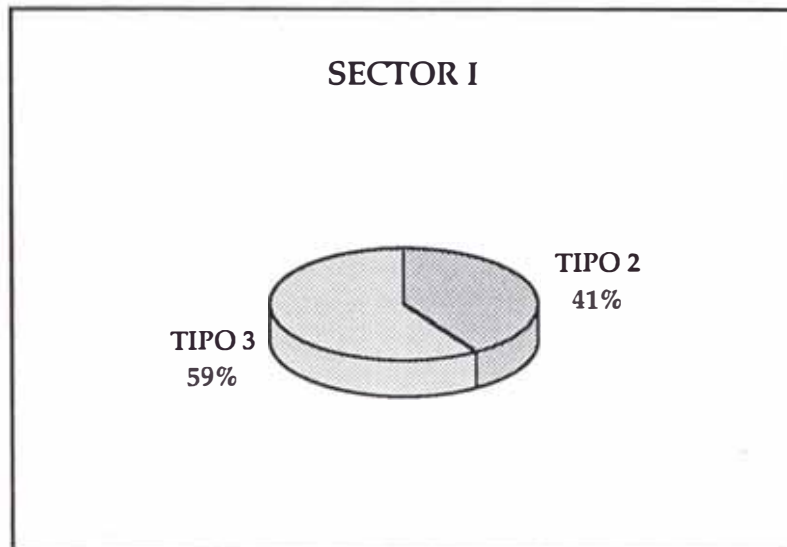


FIGURA 4.8  
TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES  
CIUDAD DE TACNA

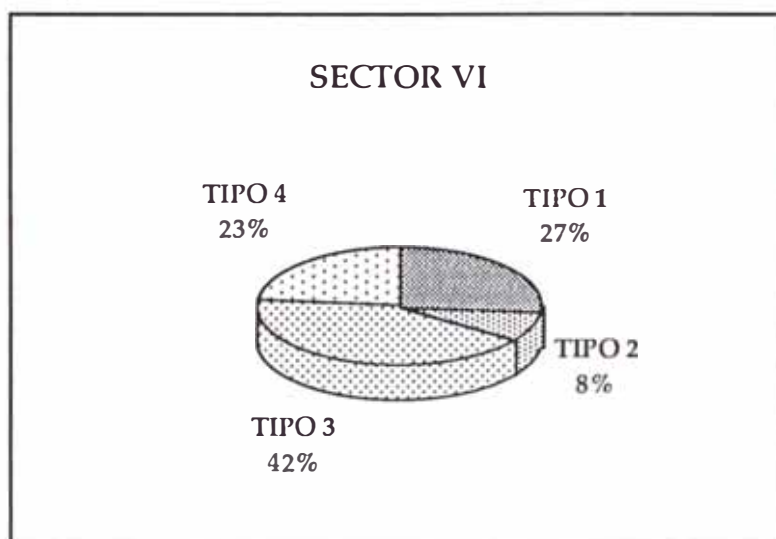
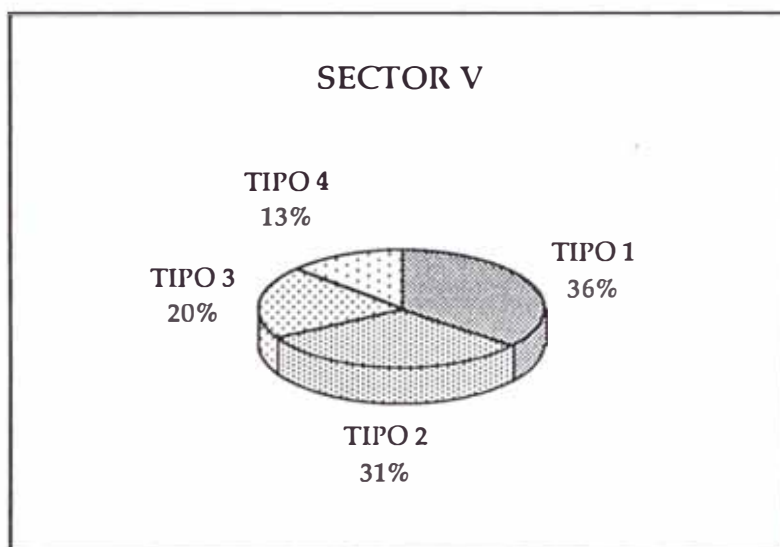
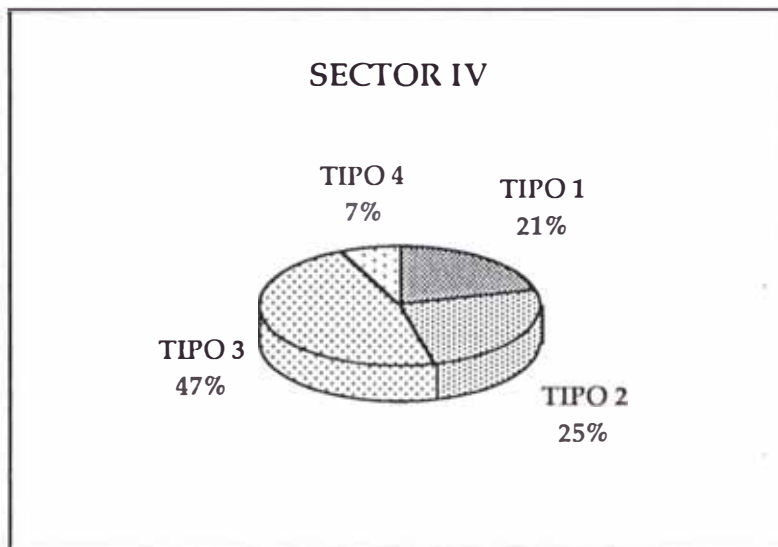
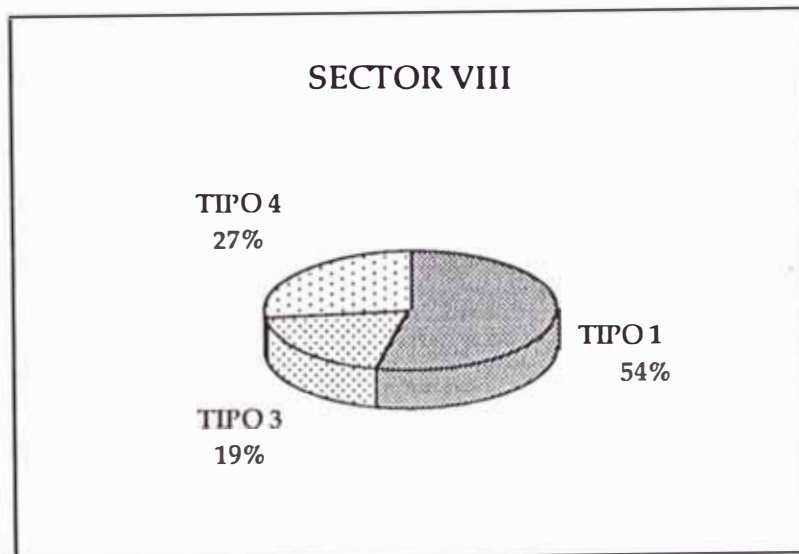
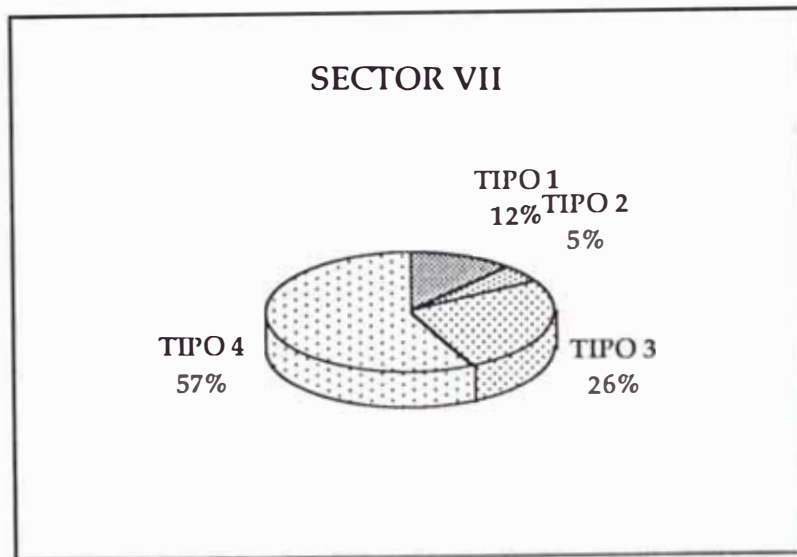
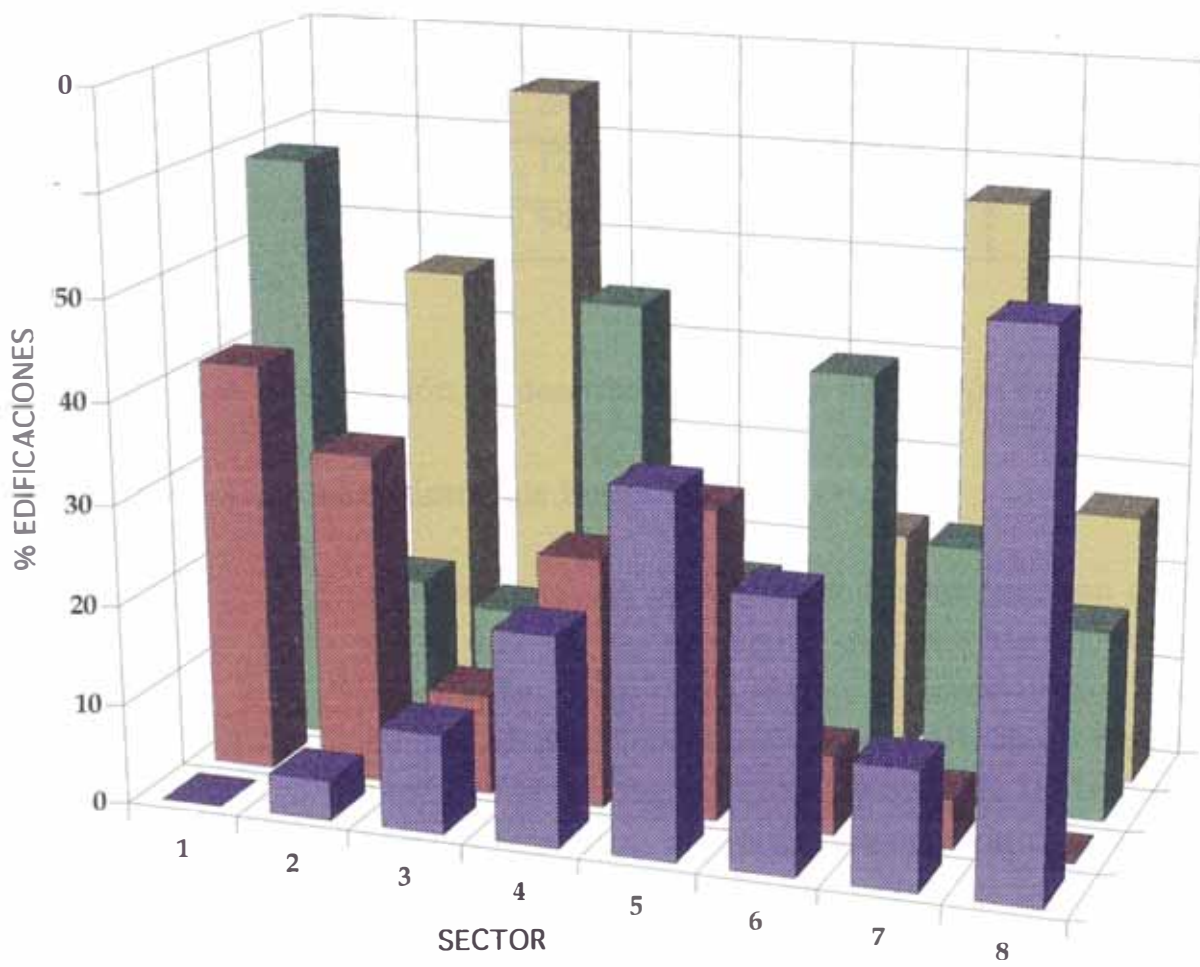




FIGURA 4.9  
TIPOS DE EDIFICACIONES POR SECTORES  
CIUDAD DE TACNA



**FIGURA 4.10 - DISTRIBUCION DEL PORCENTAJE DEL TIPO DE EDIFICACIONES POR SECTOR EN LA CIUDAD DE TACNA**



**Cuadro N° 4.19**  
**Distribución de Tipos de Edificaciones por Sector**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	0%	41%	59%	0%
II	4%	33%	17%	46%
III	10%	10%	15%	65%
IV	21%	25%	47%	7%
V	36%	31%	20%	13%
VI	27%	8%	42%	23%
VII	12%	5%	26%	57%
VIII	54%	0%	19%	27%

A continuación, se describe los tipos de edificación encontrados.

**Tipo 1: Sísmicamente Muy Débiles**

- Edificaciones con adobe cuyas dimensiones son de 0.4 x 0.6 x 0.12 m. en promedio con más de 100 años de construidas, ubicadas en la zona del casco urbano antiguo de la ciudad y alrededores, con techo flexible y ligero tipo Mojinete (a dos aguas) con cobertura de madera o caña cubierta con torta de barro, cimentación de piedra con barro, mayoritariamente de 1 piso en mal estado de conservación. Sin ningún tipo de refuerzo estructural, en mal estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.20 y Lámina T.8 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.19

**Cuadro N° 4.20**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 1 por Sectores**  
**Ciudad de Tacna**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 1
I	0 %
II	0 - 10 %
III	0 - 10 %
IV	20 - 35 %
V	20 - 35 %
VI	20 - 35 %
VII	0 - 15 %
VIII	40 - 55 %

**Tipo 2: Sísmicamente Débiles**

- Edificaciones de albañilería construidas con ladrillos o bloquetas de concreto unidos con mortero de arenamiento, con o sin columnas de concreto reforzado, sin viga collar, con techo ligero y flexible con cobertura de planchas onduladas de zinc ó asbesto-cemento, también cañas cubiertas con torta de barro apoyados sobre vigas de madera, con cimentación de concreto simple, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.21 y Lámina T.9 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.19

**Cuadro N° 4.21**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 2 por Sectores**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 2
I	40 - 55 %
II	20 - 35 %
III	0 - 10 %
IV	20 - 35 %
V	20 - 35 %
VI	0 - 15 %
VII	0 - 10 %
VIII	0 %

**Tipo 3: Sísmicamente Semi-resistentes**

Edificaciones de albañilería con ladrillos (0.15 X 0.25 X 0.9 m.) o bloquetas (0.30 X 0.18 X 0.13 m.) de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, unidos con mortero de arena-cemento, con columnas, vigas de amarre y techo rígido de concreto reforzado aligerado con bloquetas huecas de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, con densidad de muros mayor en sentido perpendicular a la fachada y menor en el sentido paralelo, autoconstruido sin haber tenido dirección técnica, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.22 y Lámina T.10 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.19

**Cuadro N° 4.22**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 3 por Sectores**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 3
I	60 - 75 %
II	20 - 35 %
III	0 - 15 %
IV	40 - 55 %
V	20 - 35 %
VI	40 - 55 %
VII	20 - 35 %
VIII	20 - 35 %

**Tipo 4: Sísmicamente Resistentes**

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillos o bloquetas de concreto ó ladrillos de arcilla hechos en fábrica unidos con mortero de arena-cemento, con columnas, vigas de amarre y techo rígido de concreto reforzado. aligerado con bloquetas huecas de concreto o ladrillos huecos de arcilla hechos en fábrica. Con densidad de muros adecuada en ambas direcciones, en buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.23 y Lámina T.11 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.19

**Cuadro N° 4.23**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 4 por Sectores**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 4
I	0 - 10 %
II	40 - 55 %
III	60 - 75 %
IV	0 - 15 %
V	0 - 15 %
VI	20 - 35 %
VII	60 - 75 %
VIII	20 - 35 %

En base a los resultados expuestos, se ha determinado el tipo de edificación predominante en cada sector, para ello se ha considerado como predominante aquella cuya presencia es del 30% como mínimo por sector, aplicando este criterio en los resultados del Cuadro 4.19 se obtiene la Lámina T.11a.

La sectorización del tipo de edificación predominante permite obtener la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en la ciudad de Tacna, para ello se han tomado las siguientes consideraciones:

- Sectores III y VII donde predominan las edificaciones tipo 4: **Vulnerabilidad Baja.**
- Sector II donde predominan las edificaciones tipo 1 y 4: **Vulnerabilidad Alta y Baja.**
- Sectores IV y VI donde predominan las edificaciones tipo 3: **Vulnerabilidad Media**

Sector I donde predominan edificaciones tipo 2 y 3: **Vulnerabilidad Alta-Media.**

Sectores V y VIII donde predominan edificaciones tipo 1 y 2: **Vulnerabilidad Alta.**

En la Lámina T.11b se presentan los resultados finales de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones para la ciudad de Tacna, así como también en el Cuadro N° 4.24

**Cuadro N° 4.24**  
**Vulnerabilidad Sísmica por Sectores**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	VULNERABILIDAD
I	Alta y Media.
II	Alta y Baja.
III	Baja.
IV	Media.
V	Alta
VI	Media
VII	Baja.
VIII	Alta.

#### **4.3.4 Balneario de Boca del Rio - Tacna.**

Para la realización de las encuestas en esta ciudad, se determinaron tres sectores, en base a las características de formación, antigüedad, material de construcción predominante, etc., las cuales comprenden:

- Sector I : Edificaciones ocupadas por pobladores en forma permanente, materiales provisionales.
- Sector II : Manzanas consolidadas, edificaciones ocupadas por pobladores sólo en meses de verano, construcciones con bloquetas de concreto



Sector III : Manzanas en proceso de consolidación, de similar característica que el sector II.

Esta sectorización se ha representado en la lámina B.1a. Debido a la existencia de pocas manzanas, éstas se inspeccionaron casi en su totalidad.

Respecto a la altura de las edificaciones, en un 97% son de 1 piso y un 3% de dos pisos.

En el Cuadro N° 4.25 se muestra la distribución por sector de los tipos de edificación definidos anteriormente.

**Cuadro N° 4.25**  
**Distribución de Tipos de Edificaciones por Sector**  
**Balneario de Boca del Rio - Tacna.**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	97%	3%	0%	0%
II	0%	94%	6%	0%
III	0%	75%	25%	0%

A continuación, se describe los tipos de edificación encontrados

**Tipo 1: Sísmicamente Muy Débiles**

- Edificaciones provisionales construidos con materiales como cartón, madera, esteras, planchas onduladas de zinc o asbesto-cemento usados para muros y techos, sin ningún tipo de soporte estructural.

En el Cuadro N° 4.26 y Lámina B.2 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.25

**Cuadro N° 4.26**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 1 por Sectores**  
**Balneario de Boca del Rio - Tacna.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 1
I	90 - 100 %
II	0 %
III	0 %

**Tipo 2: Sísmicamente Débiles**

- Edificaciones construidas con bloquetas (0.30 X 0.18 X 0.13 m.) de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, unidos con mortero de arena-cemento, sin columnas de concreto reforzado, sin viga collar, con techo ligero y flexible de cobertura de planchas onduladas de asbesto cemento apoyados sobre vigas de madera, con cimentación de concreto simple, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.27 y Lámina B.3 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.25

**Cuadro N° 4.27**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 2 por Sectores**  
**Balneario de Boca del Rio - Tacna.**

SECTOR	EDIFICACIONES TIPO 2
I	..0...-. .10 %
II	90 - 100 %
III	70 - 80 %

### **Tipo 3: Sísmicamente Semi-resistentes**

Edificaciones de albañilería con bloquetas (0.30 X 0.18 X 0.13 m.) de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, unidos con mortero de arena-cemento, con pocas columnas, vigas de amarre y techo rígido de concreto reforzado aligerado con bloquetas huecas de concreto fabricados artesanalmente de baja calidad, con densidad de muros mayor en sentido perpendicular a la fachada y menor en el sentido paralelo, autoconstruido sin haber tenido dirección técnica, de regular a buen estado de conservación.

En el Cuadro N° 4.28 y Lámina B.4 se presentan el rango de porcentaje de viviendas de este tipo que se encuentran en cada sector, en base a los resultados del Cuadro N° 4.25

**Cuadro N° 4.28**  
**Distribución de Edificaciones Tipo 3 por Sectores**  
**Balneario de Boca del Río - Tacna.**

<b>SECTOR</b>	<b>EDIFICACIONES TIPO 3</b>
I	0 %
II	0 - 10 %
III	20 - 30 %

En base a los resultados expuestos, se ha determinado el tipo de edificación predominante en cada sector mostrándose en la Lámina B.5, se observa claramente que en el sector I, prevalecen las edificaciones tipo 1 mientras que en los sectores II y III el tipo 2.

La sectorización del tipo de edificación predominante permite obtener la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en el Balneario de Boca del Río, para ello se han tomado las siguientes consideraciones:

- Sector I donde predominan las edificaciones tipo 1: **Vulnerabilidad Alta.**
- Sector II donde predominan las edificaciones tipo 2: **Vulnerabilidad Alta.**
- Sector III donde predominan las edificaciones tipo 2: **Vulnerabilidad Alta.**

En la **Lámina B.6** se presentan los resultados finales de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones, así como también en el **Cuadro N° 4.29**

**Cuadro N° 4.29**  
**Vulnerabilidad Sísmica por Sectores**  
**Balneario de Boca del Rio - Tacna.**

SECTOR	VULNERABILIDAD
I	Alta.
II	Alta .
III	Alta.

#### **4.4 VULNERABILIDAD EN LOS COLEGIOS DE ILO**

Se mencionó anteriormente que el presente estudio estaba dirigido a obtener el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones cuyo uso prioritario era de viviendas, dejándose, las que se consideraban especiales, para estudios posteriores. Una de las edificaciones que integran esta categoría son los colegios los cuales tienen gran importancia por que presentan un potencial de pérdidas grande ya que congregan un grán número de estudiantes. Pese a las limitaciones del presente estudio, se decidió evaluar la vulnerabilidad de los colegios sólo en la ciudad de Ilo, haciendose la salvedad que los resultados pueden generalizarse a la mayoría de los colegios ubicados en, Moquegua y Tacna ya que todos tienen un diseño similar y fueron construidos en la década de los sesentas y setentas.

Se realizaron inspecciones y toma de encuestas en cinco colegios, siendo los visitados Alto Ilo, Jhon F. Kennedy, Daniel Becerra Ocampo, Mercedes Cabello de Carbonera y Carlos A. Velásquez, en todos ellos se ha evaluado el estado de conservación, material de construcción empleado, diseño estructural, antigüedad. A continuación se describe el estado de cada colegio.

#### **4.4.1 COLEGIO ALTO ILO.**

Construido en el año 1 966, con pabellones de pórticos de concreto armado de 1 y 2 pisos, empleándose como tabiquería de división muros de bloquetas de concreto fabricados artesanalmente, con presencia de columnas cortas en un solo pabellón, los pabellones están cimentados directamente sobre roca compacta, el estado de conservación de los pabellones es bueno. El muro perimétrico que cerca al colegio es de bloquetas de concreto confinadas sólo verticalmente por columnas de concreto sin refuerzo de acero.

#### **4.4.2 JHON F. KENNEDY.**

Construido el año 1 966, con pabellones de pórticos de concreto armado de un piso, con presencia de columnas cortas, al momento de realizar la inspección se estaban techando dos pabellones de 1 piso con las mismas características de columna corta, los pabellones presentan mayor rigidez en el sentido de los pórticos principales, en el sentido de los pórticos secundarios la rigidez es menor debido a que las vigas son chatas (altura del tamaño de la losa). Como muros de tabiquería se han empleado bloquetas de concreto fabricados artesanalmente, los cuales presentan rajaduras debidos a asentamientos del suelo. Estado de conservación es regular.

#### **4.4.3 COLEGIO DANIEL BECERRA OCAMPO.**

Construido en el año 1960, con pabellones de pórticos de concreto armado de dos pisos, con presencia de columnas cortas, los muros y techos de los servicios higiénicos se encuentran en mal estado debido a filtraciones de agua. En los pórticos secundarios se han colocado vigas chatas, los cuales presentan deflexión que se manifiesta en la deformación provocada a las ventanas colocadas debajo de éstas. Además, la presencia de vigas chatas ocasiona una menor rigidez lateral en los pórticos secundarios. El estado de conservación es regular.

#### **4.4.4 COLEGIO CARLOS A. VELASQUEZ.**

Pabellones de pórticos de concreto armado de dos pisos, con presencia de columnas cortas, vigas principales y secundarias peraltadas (no existen vigas chatas), muros de tabiquería de ladrillos y bloquetas de concreto hechos en fábrica y artesanalmente, con presencia de rajaduras por asentamiento del suelo. Estado de conservación regular.

#### **4.4.5 COLEGIO MERCEDES CABELLO DE CARBONERA.**

Pabellones de pórticos de concreto armado de dos pisos, con presencia de columnas cortas, vigas principales peraltadas y secundarias tipo chata (altura igual al de la losa aligerada). Al igual que en el Colegio Daniel Becerra las vigas chatas presentan deflexión que se manifiesta en la deformación de ventanas colocadas debajo de éstas. Muros de división de tabiquería de ladrillos y bloquetas de concreto, con presencia de rajaduras. Rigidez lateral menor en los pórticos secundarios. Estado de conservación bueno.

En conclusión, el defecto principal de diseño estructural que caracteriza a estos locales escolares es la columna corta. El terremoto del 31 de mayo de 1970 provocó en Ancash daños considerables a todos los colegios que presentaban este defecto.

Debido a la necesidad de tener buena iluminación y ventilación en las aulas y privacidad con respecto al pasadizo, se abren grandes ventanales hacia el jardín, quedando entre ellas columnas de altura intermedia y hacia el pasadizo ventanas altas, por encima del muro de aproximadamente 2.10 m. de altura, entre estas ventanas altas quedan atrapadas las columnas cortas como se puede apreciar en el eje "B" de la Figura 4.11a, elevación del pórtico 4. Al otro lado del pasadizo, eje A, quedan columnas libres en toda su altura.

Si se asume que la columna larga tiene altura unitaria "1", la intermedia  $1/2$ , la corta  $1/4$ ; en caso de sismos, la larga tomaría como "1", la intermedia como "8" y la corta como "64", es decir que toda la cortante sísmica se concentra en las columnas cortas y fallan.

Como conclusión final, se establece que los colegios de la ciudad de Ilo, pertenecen según clasificación al tipo 2 "Sismicamente Débiles", presentando una Alta Vulnerabilidad Sísmica.

Esta misma conclusión puede hacerse extensiva a los colegios de la ciudad de Moquegua y Tacna, de la inspección preliminar que se realizó en estas ciudades se observó que tienen el mismo diseño estructural, concepto típico para la época (década de los sesentas y setentas en las que fueron construidas).

En la Lámina CI.1 muestra la ubicación de los colegios en la ciudad de Ilo, en la Lámina CI.2 el nivel de Vulnerabilidad Sísmica.

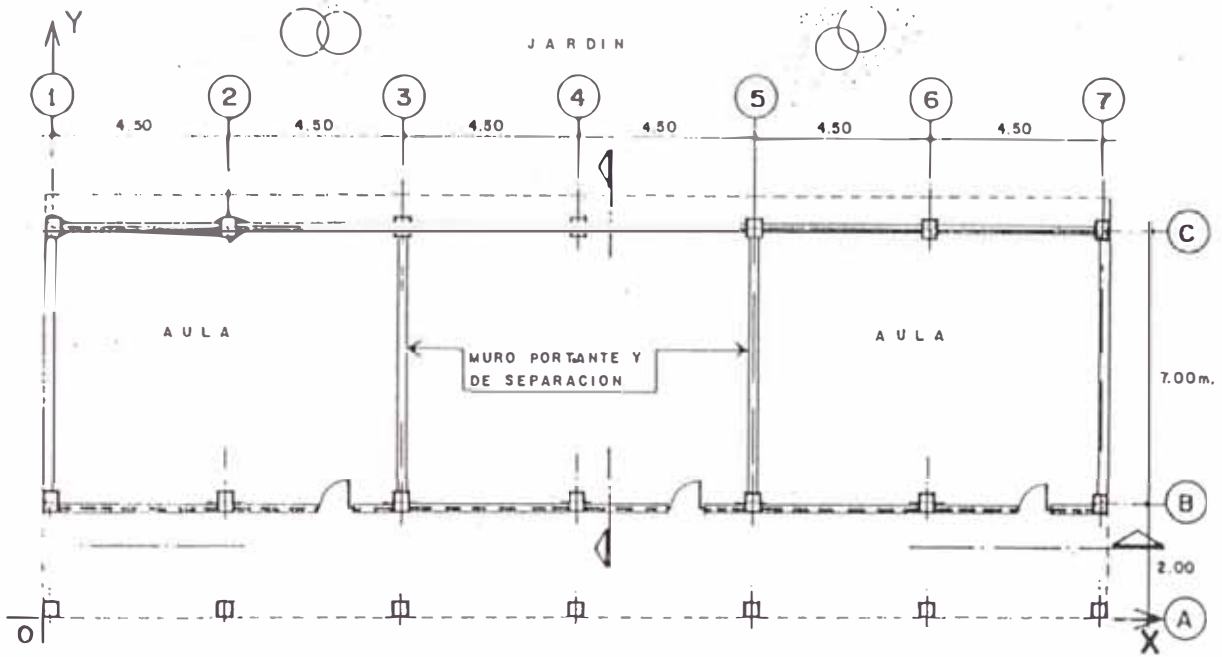


Figura 4.11a PLANTA TIPICA DE UN COLEGIO DAÑADO.

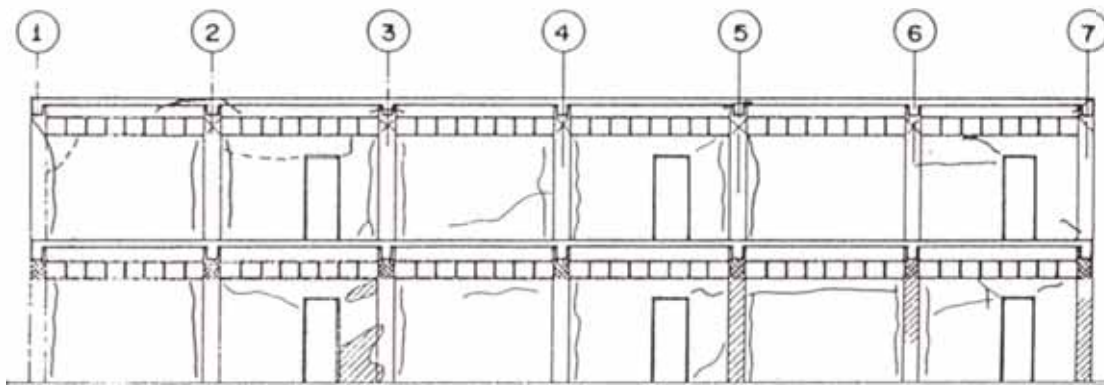


Figura 4.11b ELEVACION DEL PORTICO "B" Y SUS DAÑOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES.

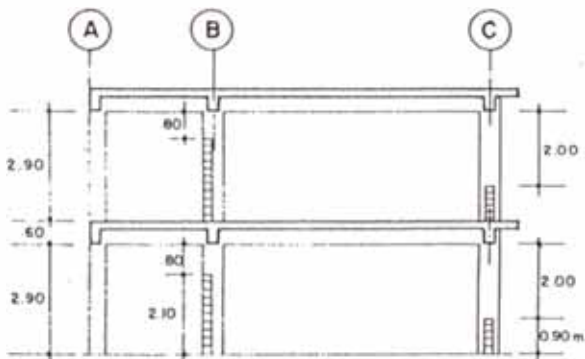


Figura 4.11c ELEVACION DEL PORTICO 4

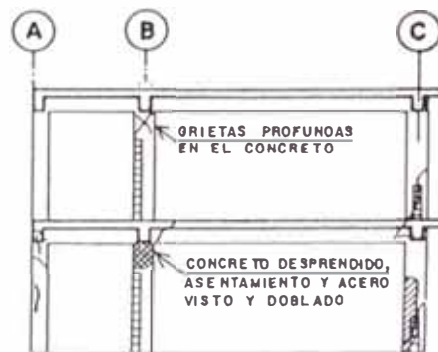


Figura 4.11d DAÑOS DEL PORTICO B



# CAPITULO V

## Riesgo Sísmico en las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna

---

En el presente capítulo, considerando los resultados obtenidos de Vulnerabilidad Sísmica, se procederá a determinar los niveles de riesgo sísmico en las ciudades de estudio, describiendo los conceptos utilizados y mostrando los resultados logrados.

### 5.1 CONCEPTOS

#### 5.1.1 Desastre.

Un desastre no es, como muchas veces se supone, su evento natural como un Terremoto, Tsunami o Huracán. Para darnos una definición adecuada de lo que es un desastre, tenemos que tomar en cuenta las condiciones específicas bajo las cuales ocurre el evento natural. Una adecuada definición de un desastres es: **La correlación entre eventos naturales peligrosos, como los descritos, y las condiciones socio-económicas y físicas vulnerables, como viviendas mal construidas, situación económica precaria, y condiciones de suelo inestable. En otras palabras, hay un alto Riesgo de Desastre, cuando eventos Peligrosos ocurren en situaciones Vulnerables.** (DAVIS 1 978)

### 5.1.2 Peligro.

El Peligro es la probabilidad de que se produzca en un período determinado y en una zona dada, un fenómeno natural potencialmente dañoso. Los desastres naturales son fenómenos extremados que inducen movimientos de la tierra, el agua o el aire, los cuales afectan a una zona determinada. La magnitud del fenómeno, la probabilidad de su ocurrencia y la extensión de su impacto, pueden variar y ser determinados en algunos casos. (N.U. 1982)

### 5.1.3 Riesgo.

La noción de riesgo puede relacionarse directamente con el concepto de desastre, ya que incluye las pérdidas y daños totales que podrían sufrirse después de un peligro natural; personas muertas, personas heridas, daños a la propiedad, perturbación de la actividad socio-económica. El riesgo implica una condición futura, que será función de la magnitud del peligro natural y de la vulnerabilidad de todos los elementos expuestos en cualquier momento determinado. (N.U. 1982).

### 5.1.4 Riesgo Sísmico.

De los conceptos expuestos, se puede concluir que:

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} + \text{VULNERABILIDAD}$$

Para nuestro estudio, el peligro a considerarse es el de un sismo de características destructoras que afecte las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna, por lo que el riesgo sería de tipo sísmico.

$$\begin{array}{ccccc} \text{RIESGO} & = & \text{SISMO} & + & \text{VULNERABILIDAD} \\ \text{SISMICO} & & \text{DESTRUCTOR} & & \text{SISMICA} \end{array}$$

Como ya se ha obtenido la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones sólo queda determinar de que manera puede afectar en cada ciudad la ocurrencia de un sismo destructor, una forma de

representar los posibles efectos sísmicos es proyectando la probables intensidades que podrían presentarse en cada ciudad, lo que a continuación se detalla.

## 5.2 INTENSIDADES SISMICAS PROBALES

Las características de los sismos que pueden esperarse en un lugar determinado, dependen de factores cuya influencia es variable para cada evento; en algunos casos las condiciones locales del sitio influyen de manera determinante, mientras que en otros resultan de menor importancia.

Como resultado, dada la naturaleza tan compleja de la generación y propagación de los sismos que involucran factores, tales como, la localización del epicentro, propagación de las ondas, distancias recorridas, geología, etc., la incidencia de un sismo sobre un lugar determinado será diferente para cada evento. Sin embargo siempre existe una tendencia general condicionada por los factores locales, que es preciso aclarar y fundamentar y se debe principalmente a la topografía del manto inferior y a las características intrínsecas del suelo.

Para la obtención de las probables intensidades sísmicas, se procederá a analizar las condiciones locales en cada ciudad de estudio, como la topografía del manto inferior, tipo de suelo y la geología.

Kuroiwa (1992) relaciona el tipo de suelo de cimentación con las siguientes intensidades sísmicas de la escala de M.M.A.-92

- Suelos sísmicamente desfavorables: suelos granulares sueltos, suelos cohesivos blandos, suelo arenoso saturado, intensidad sísmica probable **IX MMA-92.**

- Suelos intermedios: Arena densa, suelo cohesivo duro o densa, intensidad sísmica probable **VIII MMA-92.**

- Suelos firmes: Roca, grava densa, grava arenosa densa, intensidad sísmica probable **VII MMA-92.**

Como una primera aproximación, se considerará el valor probable de intensidad sísmica que proporcionará el tipo de suelo existente en cada ciudad, dicho valor será reajustado, si así lo justifican, las condiciones topográficas.

### **5.2.1 Intensidades Sísmicas Probables en Ilo.**

Al no tener estudios directos del tipo de suelo en esta ciudad, se ha recurrido al plano geológico (ver Lámina I.12), con el que se puede establecer preliminarmente las intensidades probables que se esperan, de la inspección visual realizada y de la información proporcionada por el Mapa Geológico (Narváez 1 964) se determina que existe un macizo rocoso intrusivo de tipo diorita hornbléndica cubierta parcialmente por una capa superficial de depósitos de terrazas marinas y detritus de talud 0.5 a 1 m., sobre este suelo se ha asentado la mayor área de la ciudad, y según las características descritas le correspondería una Intensidad Sísmica VII MMA-92, sin embargo, debido a la existencia de la capa superficial y la fuerte pendiente que existe en las diversas calles de la ciudad, pendiente con dirección perpendicular a la línea costera, se concluye que se esperaría una Intensidad de grado VII+ (mayor que VII, sin llegar a VIII), de la escala M.M.A.-92. Los sectores de intensidad se presentan en la Lámina I.13.

### **5.2.2 Intensidades Sísmicas Probables en Moquegua.**

Tampoco se pudo contar con estudios de suelos de la ciudad, sólo se obtuvo el referido a la carretera Moquegua-Desaguadero (ver anexo "D"), del aspecto geológico y de las inspecciones realizadas, se presentan en la Lámina M.11, las probables intensidades de la ciudad. Se propone intensidad de VII M.M.A.-92 en el área conocida como Zona Norte ubicado a la margen izquierda del Rio Tumilaca, por la presencia de depósitos de gravas, arenas y arcillas, éstas consisten en toda clase de materiales clásticos sueltos, desde bloques gruesos hasta arcillas con predominio de conglomerados y arenas, en forma de bancos de grava y playas de arena a lo largo del lecho del rio; además, presenta una topografía llana. La Zona Monumental se encuentra sobre depósitos aluviales, en el suelo

predominan mezclas de gravas o fragmentos rocosos con materiales finos, principalmente limosos o arcillosos con baja plasticidad; y los pueblos jóvenes San Francisco, El Siglo y Mariscal Nieto se han ubicado sobre un cerro perteneciente a la Formación Moquegua Inferior, la cual consiste en una secuencia de areniscas arcóscicas a tufáceas, de color gris a marrón claro, que alternan en forma casi regular con areniscas arcillosas y arcillas, grises a rojizas. Para la Zona Monumental y los Pueblos Jóvenes se considera un suelo de tipo intermedio, teniendo en cuenta además que existe una fuerte pendiente en toda esta área se propone una intensidad VIII MMA-92.

### 5.2.3 Intensidades Sísmicas Probables en Tacna.

Cotrado y Siña (1 993), llegaron a determinar el mapa geotécnico de Tacna, el cual se presenta en la Lámina T.12, en base a estos resultados y considerando que existe una topografía llana salvo en el sector I en la zona correspondiente a las faldas del cerro Intiorko, se establece las posibles intensidades sísmicas en la Lámina T.13. Probablemente pueden presentarse intensidades de VII, VIII y IX MMA-92 en base a los siguientes tipos de suelos encontrados:

*Intensidad VII*, para el suelo tipo I que se encuentra en el Cono Sur, Centro Poblado Menor La Natividad y parte de los pueblos jóvenes Augusto B. Leguía, Para Grande, Para Chico. El perfil estratigráfico que caracteriza a esta zona esta formado por un relleno sea éste tierra de cultivo; arenas (SP, SW, SC, SM); arcillas (CL); Limos Orgánicos (OL) pudiendo ser cualquiera conformando una potencia no mayor de 0.50 m., debajo del cual se encuentra un estrato de suelo granular con un espesor indeterminado. Este tipo de suelo ofrece una capacidad portante mayor de 3 Kg/cm<sup>2</sup>.

*Intensidad VIII*, para los suelos tipo II y III. Los suelos tipo II se ubican en los terrenos al margen izquierdo de la avenida Ejército, y casi toda la zona urbana, hasta las inmediaciones de las chacras ubicadas en el distrito de Pocollay . La estratigrafía generalizada está conformada por un estrato de relleno sea éste tierra de

cultivo; arenas (SP, SW, SC, SM); arcillas (CL); Limos Orgánicos (OL) pudiendo ser cualquiera conformando una potencia en el intervalo de 0.50 m. a 1.50 m. y un segundo estrato conformado por un suelo granular de potencia indeterminada. Posee una capacidad portante de 2 a 3 Kg/cm<sup>2</sup>. Los suelos tipo III comprende gran parte del Parque Industrial, los pueblos jóvenes Leoncio Prado y Eloy G. Ureta y el centro mismo de la ciudad. La estratigrafía generalizada está conformada por un primer estrato con características de relleno artificial en una potencia no mayor de 0.50 m., pudiendo encontrar a continuación arcilla limosa, arenas con lentes de limo y/o arcilla, pudiendo ser cualquiera de las formaciones anteriormente descritas con un intervalo de potencia entre 1.50 m. a 3 m. A continuación se encuentra un estrato de suelo granular. Posee una capacidad portante de 1.5 a 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>. Un sector del área que corresponde al casco urbano antiguo tiene este tipo de suelo III, por lo que se ha proyectado que puede ocurrir en esta zona una intensidad VIII+.

*Intensidad IX*, en suelos tipo IV y V. Los suelos tipo IV comprende parte del distrito del Alto de la Alianza, los pueblos jóvenes San Martín y La Esperanza y parte del distrito de Pocollay. El perfil estratigráfico que caracteriza a esta zona ésta formado por un primer estrato de relleno, arenas, arcillas, grava pobremente graduada pudiendo ser cualquiera con una potencia de 0.50 m. A continuación se encuentra la Toba Volcánica con una potencia indeterminada. Posee una capacidad portante entre 1 a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>. El suelo tipo V se encuentra en los distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, el pueblo joven San Martín y todas las Asociaciones de Vivienda ubicadas en las faldas del cerro Intiorko. El perfil estratigráfico que caracteriza a esta zona esta formado por un primer estrato conformado ya sea de relleno, arena arcillosa, grava pobremente graduada, con un alto contenido de sales, pudiendo presentarse en un intervalo de potencia de 0.50 m. a 3 m. debajo del primer estrato se encuentra la presencia de la Toba Volcánica. La capacidad portante varía entre 0.5 a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 5.2.4 Intensidades Sísmicas Probables Balneario de Boca del Rio-Tacna.

Sólo se contó con la información geológica general, se determinó la presencia de un macizo rocoso que incluso aflora en algunas áreas, este macizo corresponde a la Formación Chocolate, consiste de derrames y piroplásticos de composición predominante andesítica, de color pardo rojizo y verde oscuro; está cubierto por una capa superficial de arena de aproximadamente 0.5 a 1 m., topográficamente es llano, se espera una intensidad sísmica probable de VII+ MMA-92. Ver Lámina B.7

### 5.3 PROYECCION DE DAÑOS EN EDIFICACIONES

Resulta muy complejo el determinar los probables daños y pérdidas ocasionadas por efectos sísmicos en las edificaciones, esto se debe al gran número de factores que involucra, ya que se deberían conocer los siguientes parámetros:

- Profundidad focal y distancia epicentral del sismo.
- Características del material a través del cual viajan las ondas.
- Datos sobre la amplificación del suelo.
- Interacción suelo-estructura.
- Características dinámicas de las edificaciones.
- Espectros sísmicos.

Con los cuales es posible calcular la respuesta sísmica y estimar los probables daños.

Este problema se presenta más complicado si se tiene en cuenta la existencia de miles de edificaciones con diferentes características, ubicadas en diferentes tipos de suelos.

Considerando las limitaciones existentes en el presente trabajo, se han realizado simplificaciones a fin de obtener resultados prácticos que brinden una idea cabal del riesgo sísmico al que están expuestas las edificaciones.

Kuroiwa (1 992), en base al estudio de la destrucción de diferentes tipos de edificaciones que estuvieron sometidas a distintas intensidades sísmicas en el país, ha preparado tablas para estimar el grado de destrucción que sufrirían las edificaciones ubicadas en las diferentes zonas de intensidades. Estas tablas se elaboraron en base a las isosistas de los sismos de 1 940, 1 966, 1 970 y 1 974 que afectaron la ciudad de Lima, a pesar de corresponder a eventos con diferentes parámetros, fueron bastante similares entre ellos, haciéndose notar que las condiciones locales del suelo, geología y topografía tienen gran influencia en la distribución de los daños. Una de estas tablas es la que se presenta en el Cuadro N° 5.1 en la cual se relaciona la intensidad sísmica probable según la escala M.M.A. - 92 con los tipos de edificación clasificados según sus resistencia sísmica, clasificación que también pertenece a la misma escala. El resultado de dicha relación es el porcentaje de daños que sufrirían los diferentes tipos de edificaciones.

**Cuadro N° 5.1**  
**PORCENTAJE DE DAÑOS EN LAS EDIFICACIONES SEGUN**  
**INTENSIDAD SISMICA PROBABLE (Kuroiwa 1 992)**  
**Escala M.M.A. - 92**

TIPO DE EDIFICACION	INTENSIDAD PROBABLE			
	VI	VII	VIII	IX
1	10 %	20 %	60 %	100 %
	Fisuras Esquinas	Grietas Esquinas	Colapso Parcial	Colapso Total
2	-	10 %	30 %	70 %
		Fisuras Esquinas	Daños Graves	Colapso Parcial
3	-	5 %	+20 %	40 %
		Pequeñas Fisuras	Daños Leves	Daños Graves
4	-	-	05 - 10 %	+20 %
			Fisuras	Daños Leves

A fin de obtener una proyección de los posibles daños en las edificaciones encontradas en las ciudades de estudio, se presenta una tabla elaborada para los cuatro tipos de edificación con los que se están trabajando en esta tesis, esta tabla se ha confeccionado en base a la anteriormente presentada por Kuroiwa y se muestra en el Cuadro N° 5.2



**PORCENTAJE DE DANOS PROYECTADOS EN LAS EDIFICACIONES DE ILO, MOQ G  
SEGUN INTENSIDAD SISMICA M.M.A. PROBABLE\***

TIPO DE EDIFICACION	INTENSIDAD PROBABLE		
	VI	VII	VIII
SISMICAMENTE MUY DEBIL (TIPO 1): Adobe con techo ligero y flexible	05 - 10 % Fisuras en las esquinas y en la parte central superior de los muros	15 - 20 % Grietas en las esquinas y en la parte central superior de los muros	25 - 60 % Destrucción parcial de las edificaciones, incluye caída de techos
			65 - 100 % Destrucción total de las edificaciones
SISMICAMENTE DEBIL (TIPO 2): Quincha y Madera con elementos debilitados. Albañilería con techo flexible y ligero.		05 - 10 % Albañilería: Fisuras en las esquinas (Daños Leves) Quincha y Madera: Desprendimiento de trozos de estuco (Daños Leves)	15 - 30 % Albañilería, Quincha y Madera: Daños Graves
			35 - 70 % Albañilería, Quincha y Madera: Colapso Parcial.
SISMICAMENTE SEMIRRESISTENTE (TIPO 3): Albañilería de techo aligerado con muros de ladrillos o bloquetas de concreto fabricadas artesanalmente con inadecuada densidad de muros.		0 - 5 % Pequeñas Fisuras en muros	10 - 20 % Daños Leves
			25 - 40 % Daños Graves
SISMICAMENTE RESISTENTE (TIPO 4): Albañilería de techo aligerado con muros de ladrillo de concreto o arcilla o bloquetas de concreto de fábrica con adecuada densidad de muros.		-	05 - 10 % Fisuras y Grietas
			15 - 20 % Daños importantes pero reparables (Daños Leves)

\*Elaborado en base a la tabla propuesta por Kuroiwa(1 992)

Teniendo en cuenta las intensidades sísmicas probables propuestas para cada ciudad, éstas se correlacionan con los tipos de edificación encontrados en cada sector. Los resultados nos muestra la sectorización de daños para cada ciudad según el tipo de edificación.

### 5.3.1 Ciudad de Ilo.

Relacionando los valores presentados en el Cuadro N° 5.2 con los resultados presentados en el Cuadro N° 4.3 que corresponden a la distribución de los tipos de edificaciones por sector en Ilo, se obtiene la distribución por clases de daños que se muestra en el Cuadro N° 5.3

**Cuadro N° 5.3**  
**Distribución del porcentaje de Tipos de Edificaciones y su Proyección de Clases de Daños por Sector - Ciudad de Ilo**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	12% Grietas	25% Daños Leves	19% Pequeñas Fisuras	44% Sin daños
II	8% Grietas	22% Fisuras	70% Pequeñas Fisuras	0%
III	0%	0%	6% Pequeñas Fisuras	94% Sin daños
IV	0%	0%	0%	100% Sin daños

La distribución presentada se puede también observar en las Figuras 5.1 y 5.2 y en las Láminas I.14 al I.17 en las que se proyectan las diferentes zonas de daños para los cuatro tipos de edificaciones

### 5.3.2 Ciudad de Moquegua.

Relacionando los valores presentados en el Cuadro N° 5.2 con los resultados presentados en el Cuadro N° 4.11 que corresponden a la distribución de los tipos de edificaciones por sector en Moquegua, se obtiene la distribución por clases de daños que se muestra en el Cuadro N° 5.4

**Figura 5.1**  
**Distribución de Clases de Daños en las**  
**Edificaciones de los Sectores I y II - Ciudad de Ilo.**

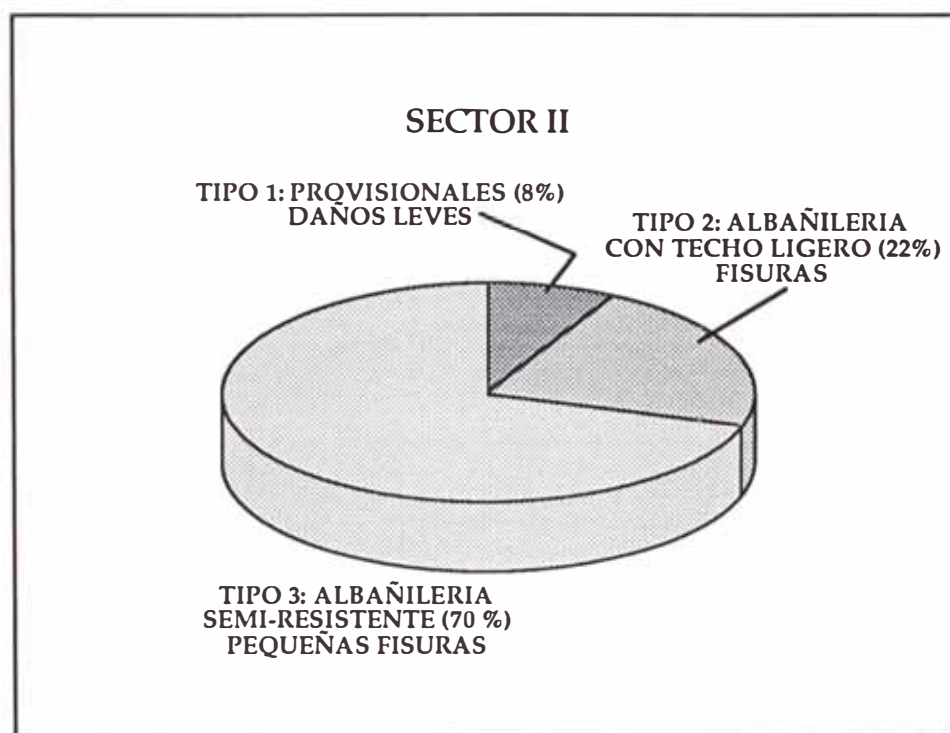
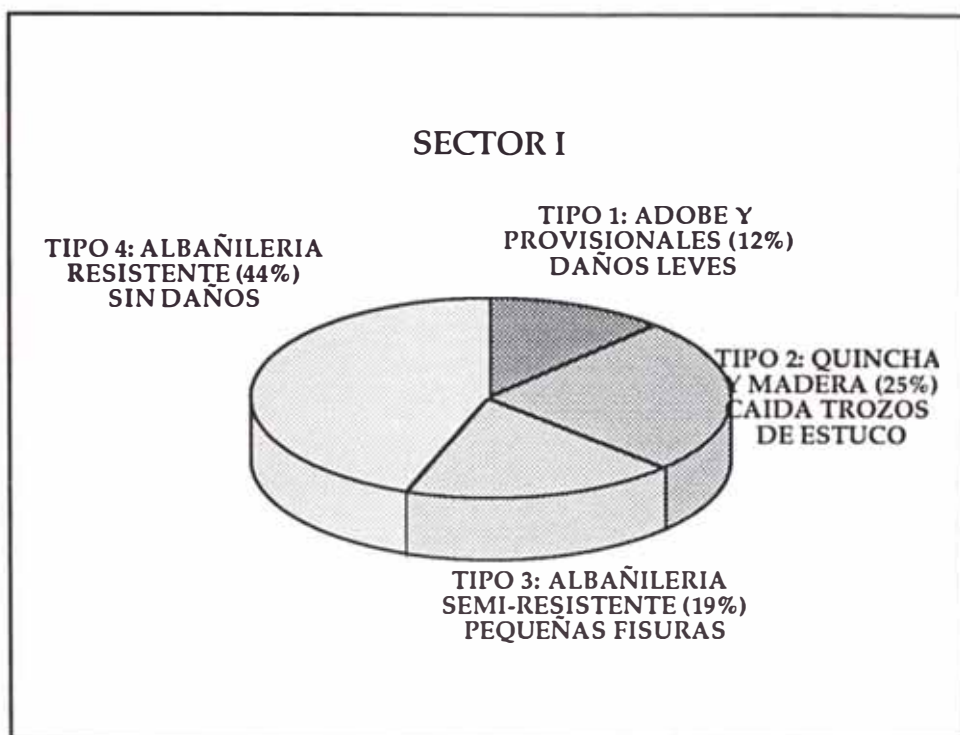
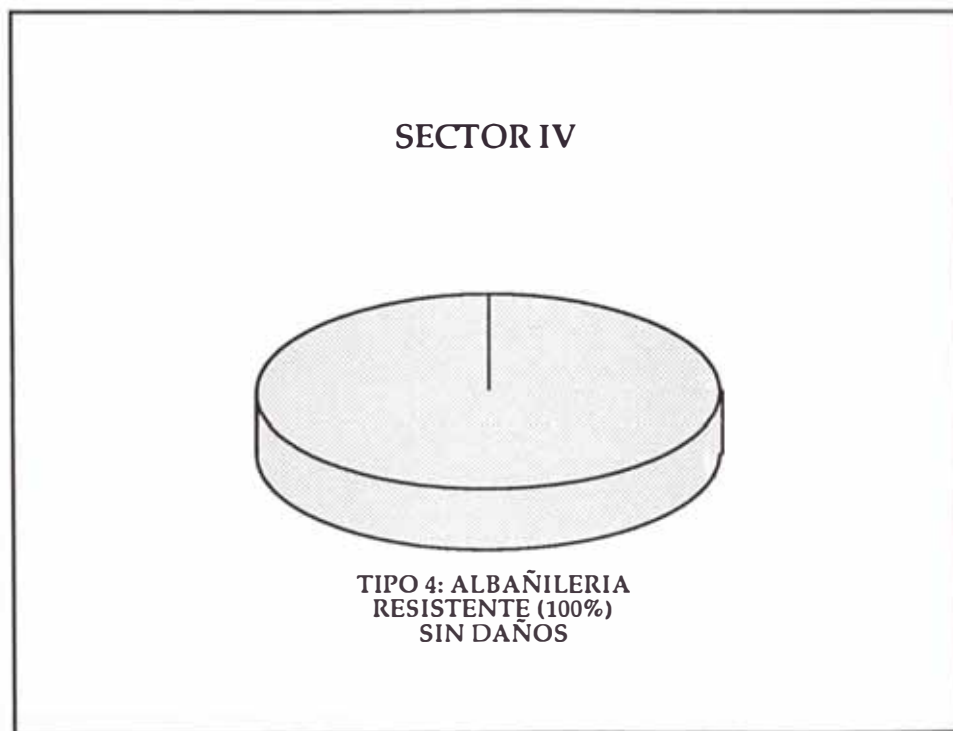
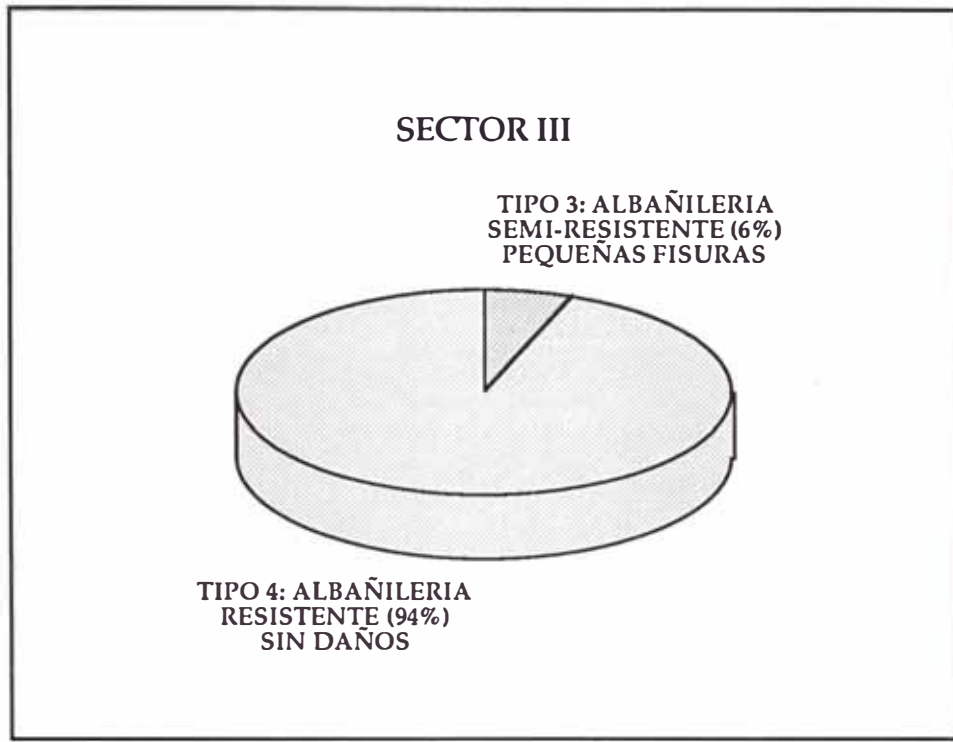


Figura 5.2  
Distribución de Clases de Daños en las  
Edificaciones de los Sectores III y IV - Ciudad de Ilo.



**Cuadro N° 5.4**

**Distribución del porcentaje de Tipos de Edificaciones y su Proyección de Clases de Daños por Sector - Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	5% Grietas	0%	0%	95% Sin daños.
II	49% Grietas.	2% Fisuras.	0%	49% Sin daños.
III	66% Colapso Parcial	4% Daños Graves	0%	30% Fisuras y Grietas
IV	86% Colapso Parcial	1% Daños Graves	3% Daños Leves	10% Fisuras y Grietas
V	87% Colapso Parcial	0%	1% Daños Leves	12% Fisuras y Grietas
VI	70% Colapso Parcial	0%	0%	30% Fisuras y Grietas

La distribución presentada se puede también observar en las Figuras 5.3 al 5.5 y en las Láminas M.12 al M.15 en las que se proyectan las diferentes zonas de daños para los cuatro tipos de edificaciones

### 5.3.3 Ciudad de Tacna.

Relacionando los valores presentados en el Cuadro N° 5.2 con los resultados presentados en el Cuadro N° 4.19 que corresponden a la distribución de los tipos de edificaciones por sector en Tacna, se obtiene la distribución por clases de daños que se muestra en el Cuadro N° 5.5

**Figura 5.3**  
**Distribución de Clases de Daños en las**  
**Edificaciones de los Sectores I y II - Ciudad de Moquegua.**

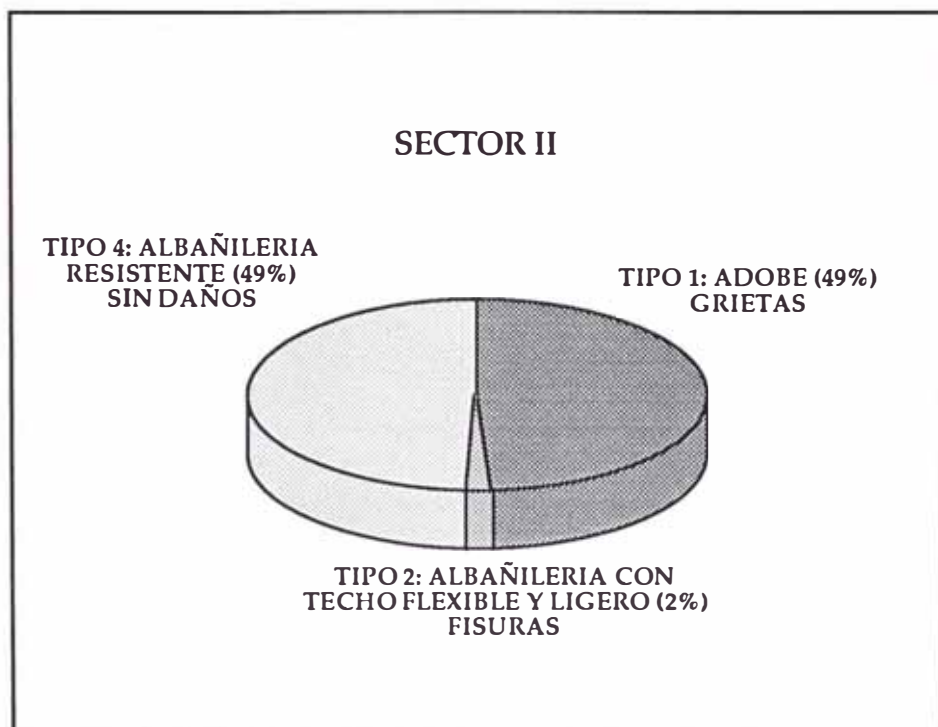
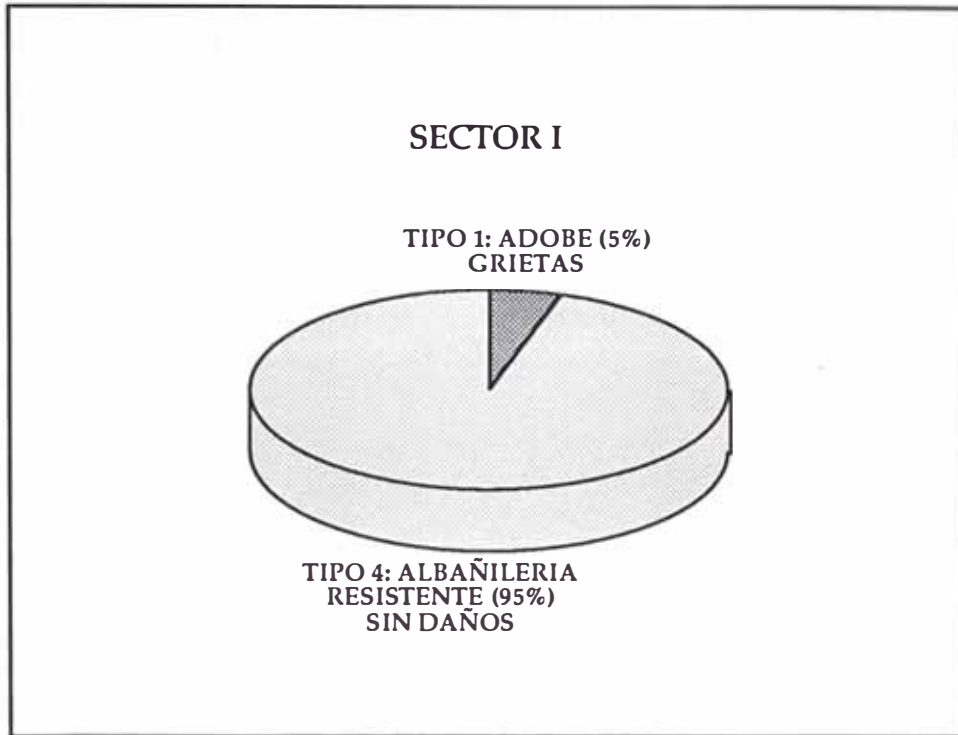


Figura 5.4  
Distribución de Clases de Daños en las Edificaciones de los Sectores III y IV - Ciudad de Moquegua.

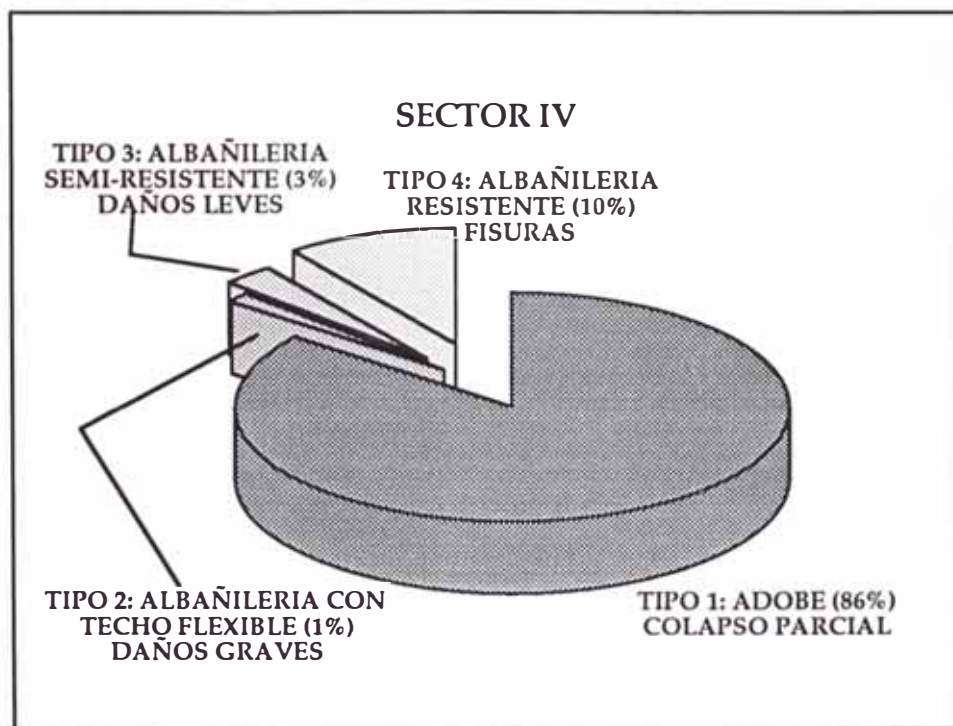
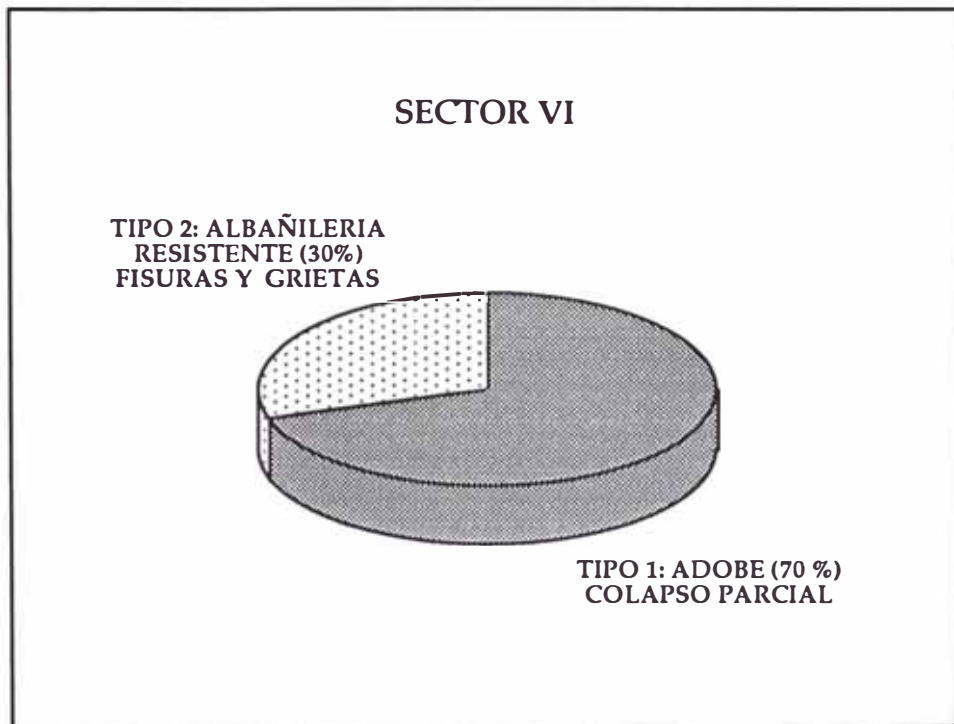
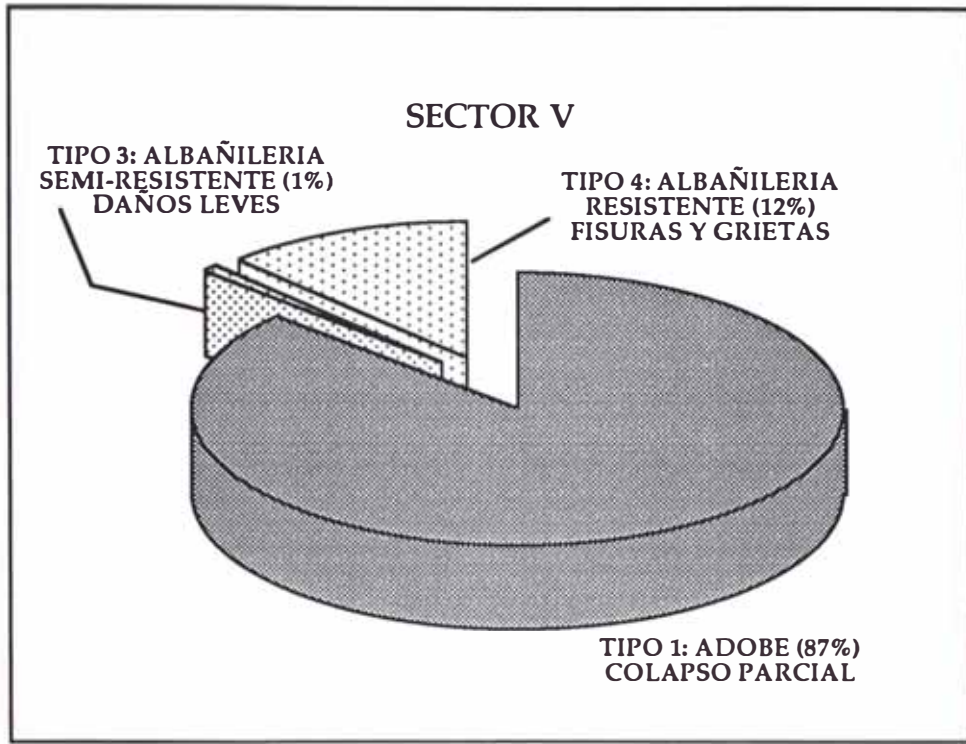


Figura 5.5  
Distribución de Clases de Daños en las Edificaciones de los Sectores V y VI - Ciudad de Moquegua.





**Cuadro N° 5.5**  
**Distribución del porcentaje de Tipos de Edificaciones y su**  
**Proyección de Clases de Daños por Sector - Ciudad de Tacna**

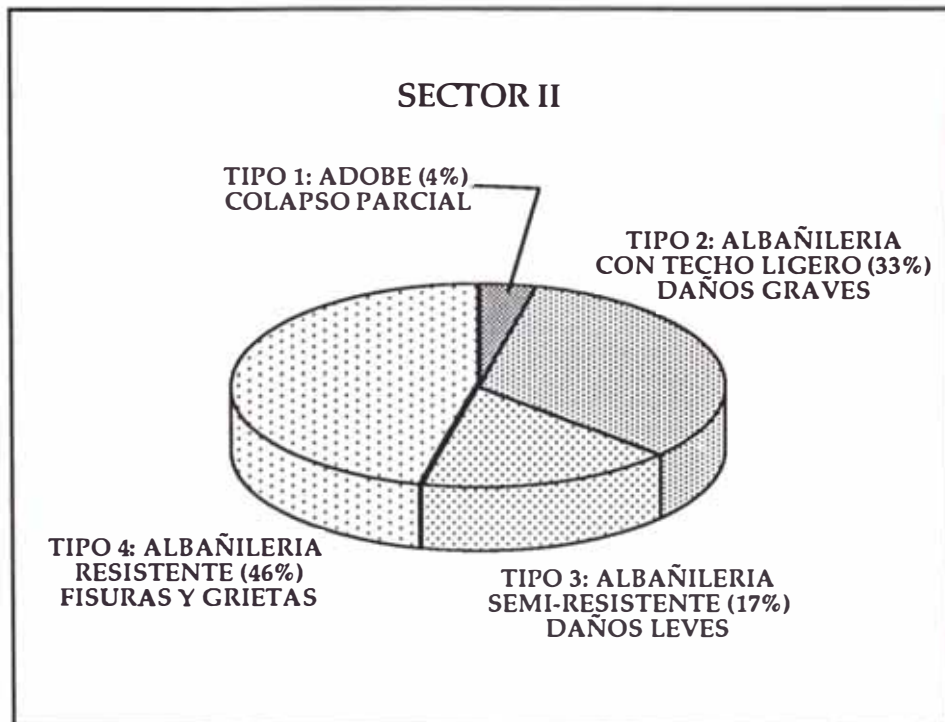
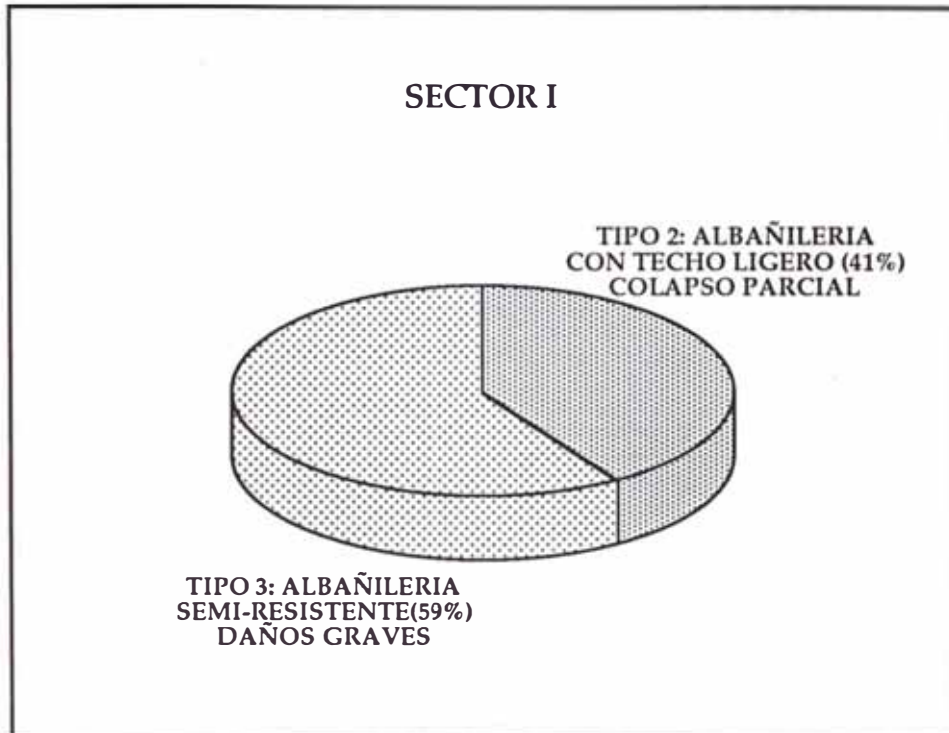
SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	0%	41%	59%	0%
		Colapso Parcial	Daños Graves	
II	4%	33%	17%	46%
	Colapso Parcial	Daños Graves	Daños Leves	Fisuras y Grietas
III	10%	10%	15%	65%
	Colapso Parcial	Daños Graves	Daños Leves	Fisuras y Grietas
IV	21%	25%	47%	7%
	Grietas	Fisuras	Pequeñas Fisuras	Sin Daños
V	36%	31%	20%	13%
	Colapso Total	Colapso Parcial	Daños Graves	Daños Leves
VI	27%	8%	42%	23%
	Colapso Parcial	Daños Graves	Daños Leves	Fisuras y Grietas
VII	12%	5%	26%	57%
	Colapso Parcial	Daños Graves	Daños Leves	Fisuras y Grietas
VIII	54%	0%	19%	27%
	Colapso Parcial		Daños Leves	Fisuras y Grietas

La distribución presentada se puede también observar en las Figuras 5.6 al 5.9 y en las Láminas T.14 al T.17 en las que se proyectan las diferentes zonas de daños para los cuatro tipos de edificaciones.

#### 5.3.4 Balneario de Boca del Rio - Tacna.

Relacionando los valores presentados en el Cuadro N° 5.2 con los resultados presentados en el Cuadro N° 4.25 que corresponden a la distribución de los tipos de edificaciones por sector en el Balneario de Boca del Rio - Tacna, se obtiene la distribución por clases de daños que se muestra en el Cuadro N° 5.6

Figura 5.6  
Distribución de Clases de Daños en las  
Edificaciones de los Sectores I y II - Ciudad de Tacna.



**Figura 5.7**  
**Distribución de Clases de Daños en las**  
**Edificaciones de los Sectores III y IV - Ciudad de Tacna.**

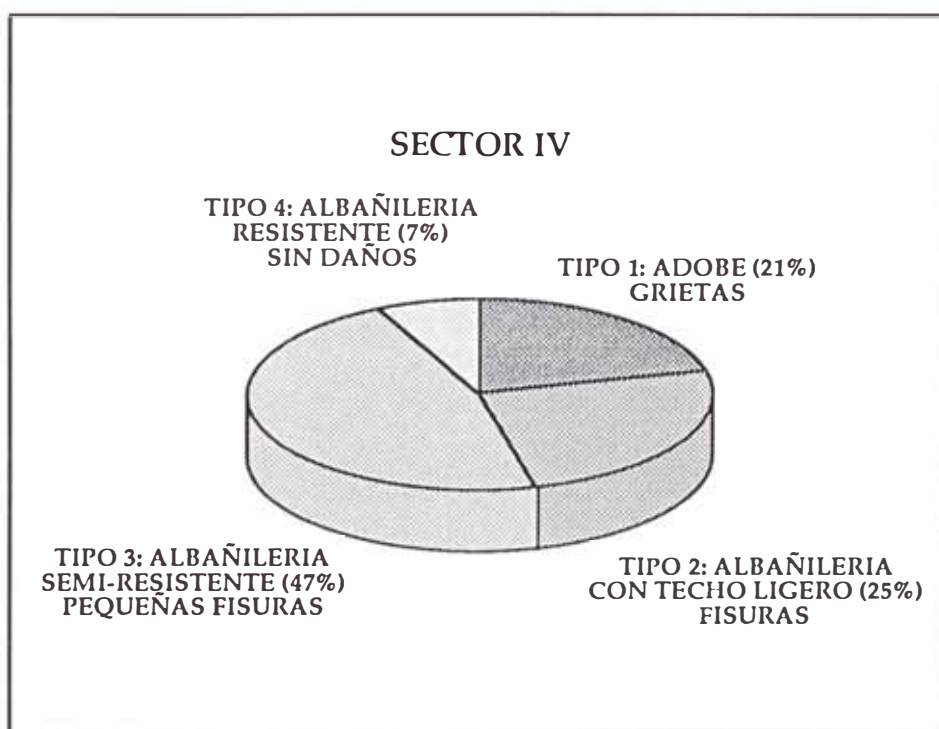
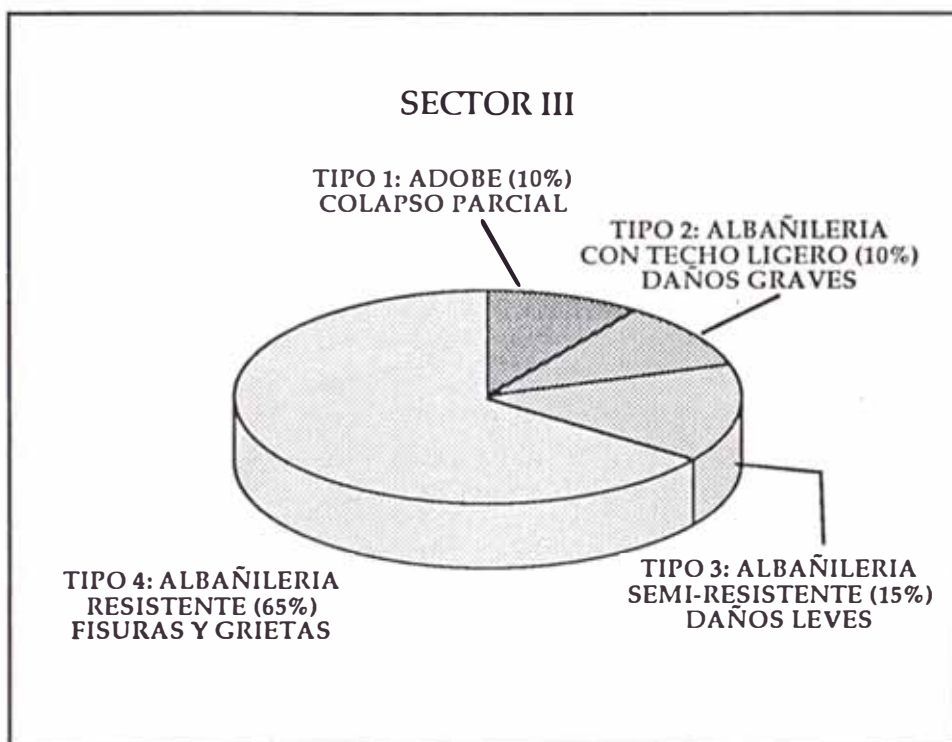


Figura 5.8  
Distribución de Clases de Daños en las  
Edificaciones de los Sectores V y VI - Ciudad de Tacna.

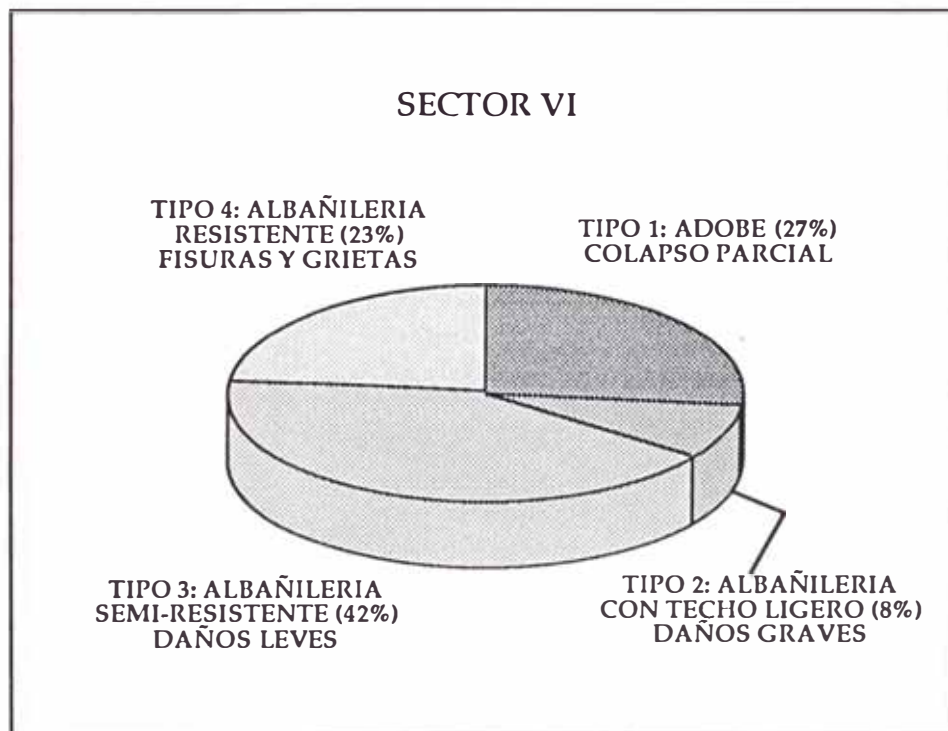
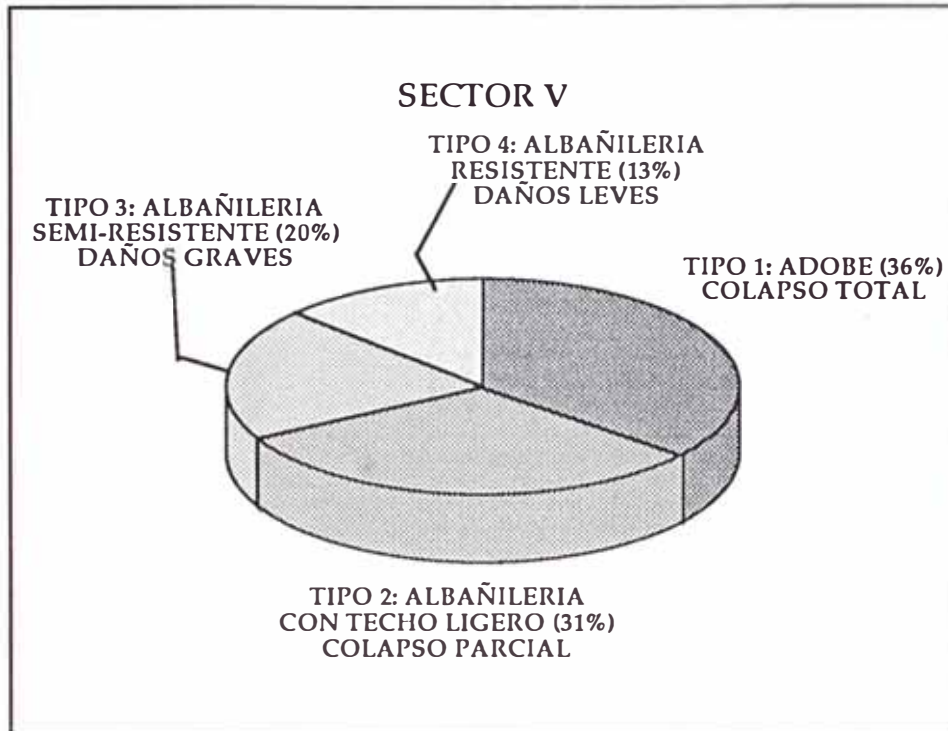
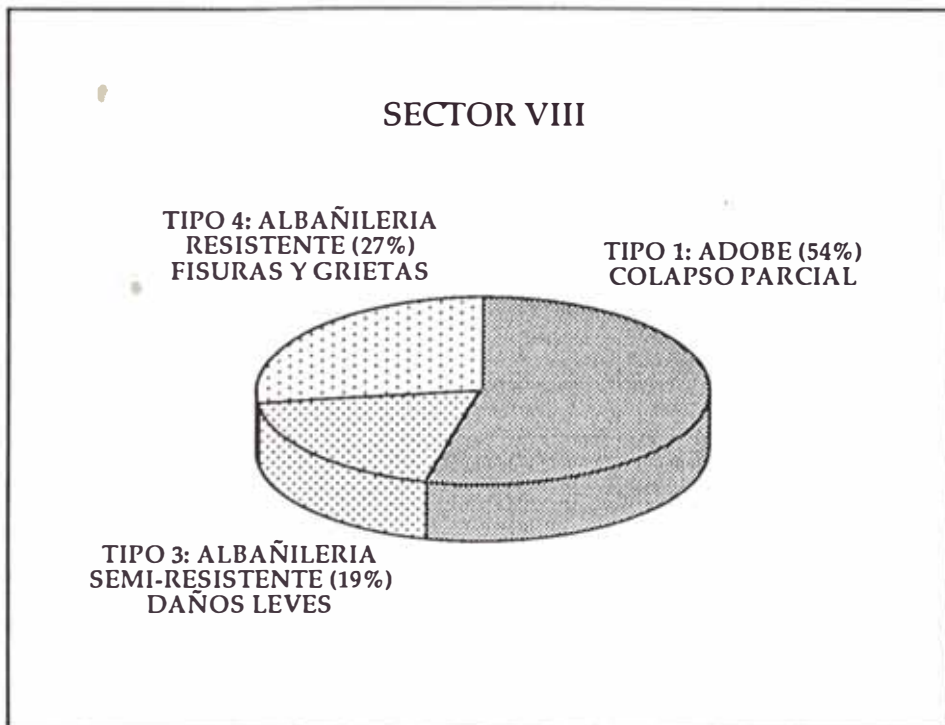
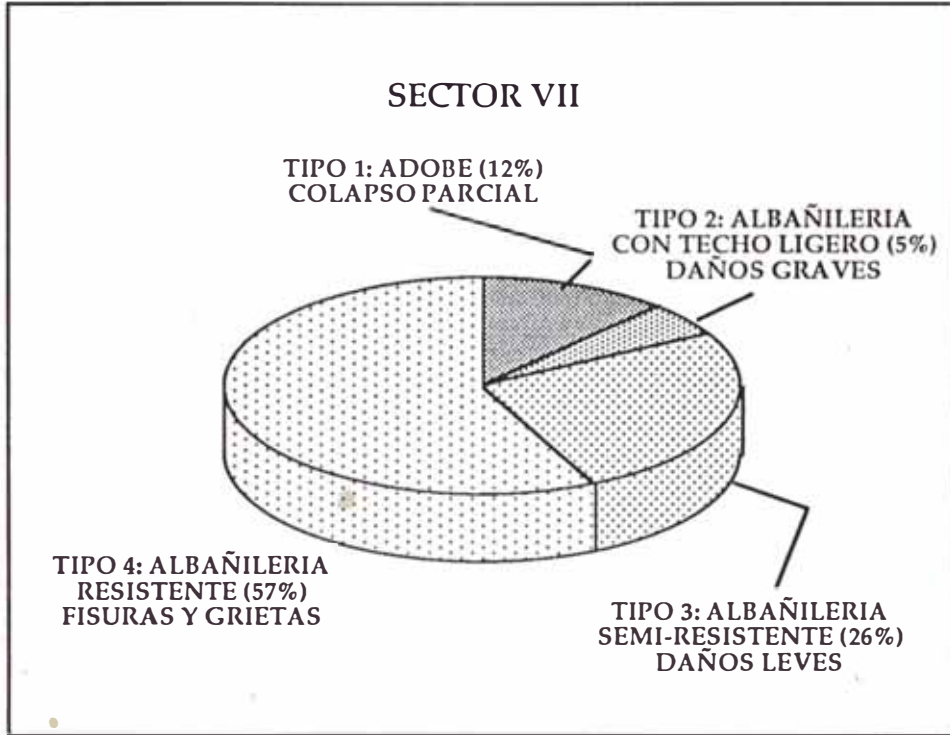


Figura 5.9  
Distribución de Clases de Daños en las  
Edificaciones de los Sectores VII y VIII - Ciudad de Tacna.



**Cuadro N° 5.6**  
**Distribución del porcentaje de Tipos de Edificaciones y su**  
**Proyección de Clases de Daños por Sector**  
**Balneario de Boca del Rio - Tacna**

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	97%	3%	0%	0%
	Daños Leves	Fisuras y Grietas		
II	0%	94%	6%	0%
		Fisuras y Grietas	Fisuras	
III	0%	75%	25%	0%
		Fisuras y Grietas	Fisuras	

La distribución presentada se puede también observar en las Láminas B.8 al B.10 en las que se proyectan las diferentes zonas de daños para los tres tipos de edificaciones existentes en este Balneario.

#### 5.4 DETERMINACION DEL RIESGO SISMICO.

Conociéndose los resultados de las proyecciones de las clases de daños para los diferentes tipos de edificación, se ha determinado el riesgo sísmico en cada sector de las ciudades de estudio, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

**Riesgo Alto**, sectores donde más del 50% de las edificaciones en conjunto tendran probablemente las siguientes clases de daños: Daños Graves, Colapso Parcial y Colapso Total.

**Riesgo Medio**, sectores donde más del 50% de las edificaciones en conjunto tendran probablemente las siguientes clases de daños: Pequeñas Fisuras, Fisuras, Grietas y Daños Leves.

**Riesgo Bajo**, sectores donde más del 50% de las edificaciones en conjunto probablemente no sufriran daños.

Con lo expuesto, se determina que en las ciudades se ha obtenido:

#### 5.4.1 Ciudad de Ilo.

Los daños proyectados en las edificaciones nos muestran que sólo en los sectores I y II se presentarán probablemente clases de daños que determinan un Riesgo Sísmico de nivel Medio, mientras que en los sectores III y IV no se presentarán probablemente daños por lo que se considera un nivel Bajo. Los resultados se presentan en el Cuadro N° 5.7 y en la Lámina I.18

**Cuadro N° 5.7**  
**Riesgo Sísmico por Sectores**  
**Ciudad de Ilo.**

SECTOR	RIESGO SISMICO
I	Medio.
II	Medio.
III	Bajo.
IV	Bajo.

#### 5.4.2 Ciudad de Moquegua.

Los daños proyectados en las edificaciones nos muestran que sólo en el sector I no se presentarán probablemente daños en las edificaciones por lo que se considera en este sector un Nivel Bajo de Riesgo Sísmico, en el resto de sectores probablemente se presenten diversas clases de daños que determinan un Riesgo Sísmico de nivel Medio para el sector II mientras que en los sectores III, IV, V y VI se presenta un Nivel Alto. Los resultados se presentan en el Cuadro N° 5.8 y en la Lámina M.16

**Cuadro N° 5.8**  
**Riesgo Sísmico por Sectores**  
**Ciudad de Moquegua.**

SECTOR	RIESGO SISMICO
I	Bajo.
II	Medio.
III	Alto.
IV	Alto.
V	Alto.
VI	Alto.

#### 5.4.3 Ciudad de Tacna.

Los daños proyectados en las edificaciones nos muestran que en todos los sectores se presentarán probablemente diversas clases de daños, por lo que se considera en los sectores II, III, IV, VI y VII un nivel de Riesgo Sísmico Medio y para los sectores I, V y VIII un Nivel Alto. Los resultados se presentan en el **Cuadro N° 5.9** y en la **Lámina T.18**

**Cuadro N° 5.9**  
**Riesgo Sísmico por Sectores**  
**Ciudad de Tacna.**

SECTOR	RIESGO SISMICO
I	Alto.
II	Medio.
III	Medio.
IV	Medio.
V	Alto
VI	Medio
VII	Medio.
VIII	Alto.



#### 5.4.4 Balneario de Boca del Rio - Tacna.

Los daños proyectados en las edificaciones nos muestran que en todos los sectores se presentarán probablemente diversas clases de daños, por lo que se considera en los sectores I, II y III, un nivel de Riesgo Sísmico Medio Los resultados se presentan en el Cuadro N° 5.10 y en la Lámina B.11

**Cuadro N° 5.10**  
**Riesgo Sísmico por Sectores**  
**Balneario de Boca del Rio - Tacna.**

SECTOR	RIESGO SISMICO
I	Medio.
II	Medio.
III	Medio.

# CAPITULO VI

## Medidas de Prevención Sísmica

---

En este capítulo se presenta una descripción del comportamiento sísmico de los cuatro tipos de edificaciones con los que se ha trabajado en la presente tesis, asimismo, se dan recomendaciones técnicas dirigidas a aumentar la resistencia sísmica en las edificaciones de mayor vulnerabilidad de tal manera de prevenir daños mayores ante la ocurrencia de un futuro sismo de características destructoras. Estas recomendaciones provienen de diversas investigaciones realizadas anteriormente.

### 6.1 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES .

#### 6.1.1 TIPO 1: SISMICAS MUY DEBILES

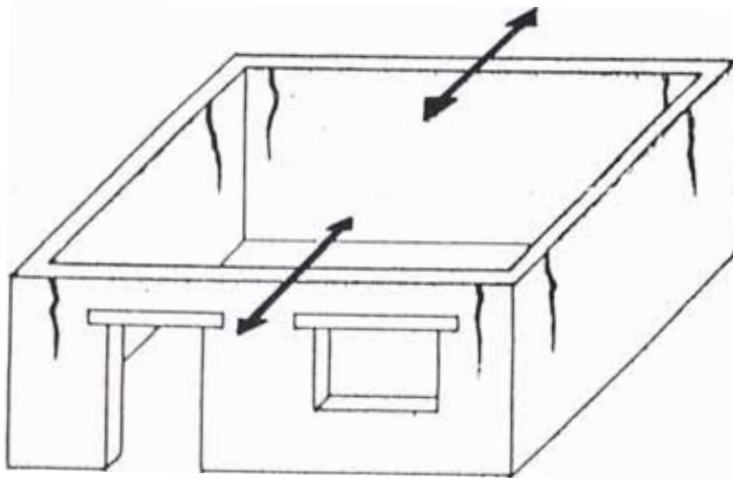
Esta constituido por edificaciones con muros de adobe de dimensiones 40 x 80 x 12 cms. en promedio utilizados en la ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna con una antigüedad mayor de 100 años, con techo ligero tipo Mojinete (a dos aguas) cuyas vigas de madera forman armaduras trapezoidales sobre los cuales se tiene una cobertura de listones de madera o caña con torta de barro y también unidades de adobe de 30 x 35 x 12 cms. utilizados

en edificaciones de los pueblos jóvenes de Moquegua con una antigüedad mayor de 20 años con techo de vigas de madera o troncos sobre los cuales se tiene planchas onduladas de asbesto cemento o zinc, caña con barro, entre otros. En ambos casos la cimentación es de piedra con barro.

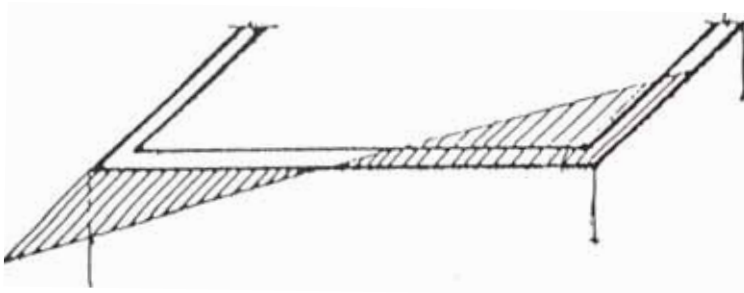
En la mayoría de los casos, estas construcciones fallan por flexión producido por las cargas de inercia horizontales inducidas por el peso propio de los muros que son muy pesados (debidos a su gran espesor y excesiva altura), estas cargas actúan perpendicularmente a sus caras. Como los techos por su poco peso y flexibilidad no confinan a los muros en su borde superior, éstos tienden a vibrar libremente en dicho borde. Por estas razones se originan momentos flectores negativos y esfuerzos de corte que son máximos en las esquinas, originando grietas en esos puntos que se propagan desde arriba hacia abajo (Figuras 6.1, 6.2 y 6.3). Al ocurrir esto en ambos lados del muro, éste queda libre y en cantiver y se vuelcan mayormente hacia afuera, como consecuencia el techo se desploma. Otras veces si en la parte central del muro hay vanos grandes de puertas y ventanas, el momento flector positivo provoca grietas que nacen de la parte superior y se dirigen a las esquinas de los vanos, desestabilizando esa área del muro produciéndole el colapso.

Se debe recalcar, que las edificaciones de adobe con una antigüedad mayor de 100 años, han cumplido con creces su vida útil, a simple vista se observa en muchos muros la tendencia a volcarse así como rajaduras de consideración productos de sismos leves ocurridos después de los destructivos de 1 868 y 1 877, además de otros daños producidos por el paso del tiempo. Estas edificaciones se encuentran ubicadas en los cascos urbanos antiguos de las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna.

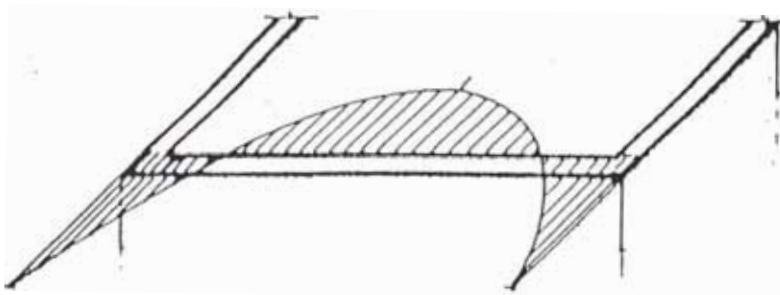
En los pueblos jóvenes de Moquegua conocidos como San Francisco, El Siglo y Mariscal Nieto, los pobladores que mayoritariamente son inmigrantes y de bajos recursos económicos, han optado por construir sus viviendas con adobe, utilizándose como material para fabricarlos el suelo donde



**FIGURA 6.1: MODO DE FALLA EN MUROS DE ADOBE POR VIBRACION HORIZONTAL.**

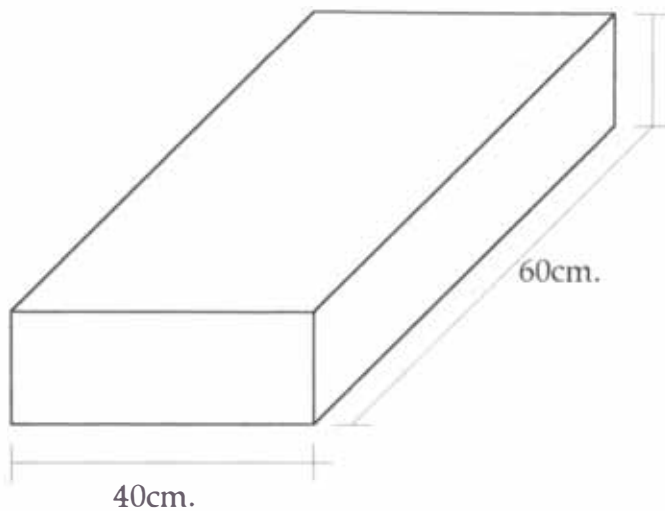


**FIGURA 6.2: DIAGRAMA DE ESFUERZOS DE CORTE EN EL BORDE SUPERIOR.**

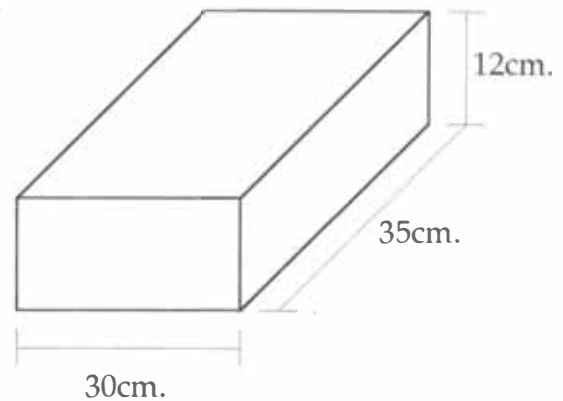


**FIGURA 6.3: DIAGRAMA DE MOMENTOS EN EL BORDE SUPERIOR.**

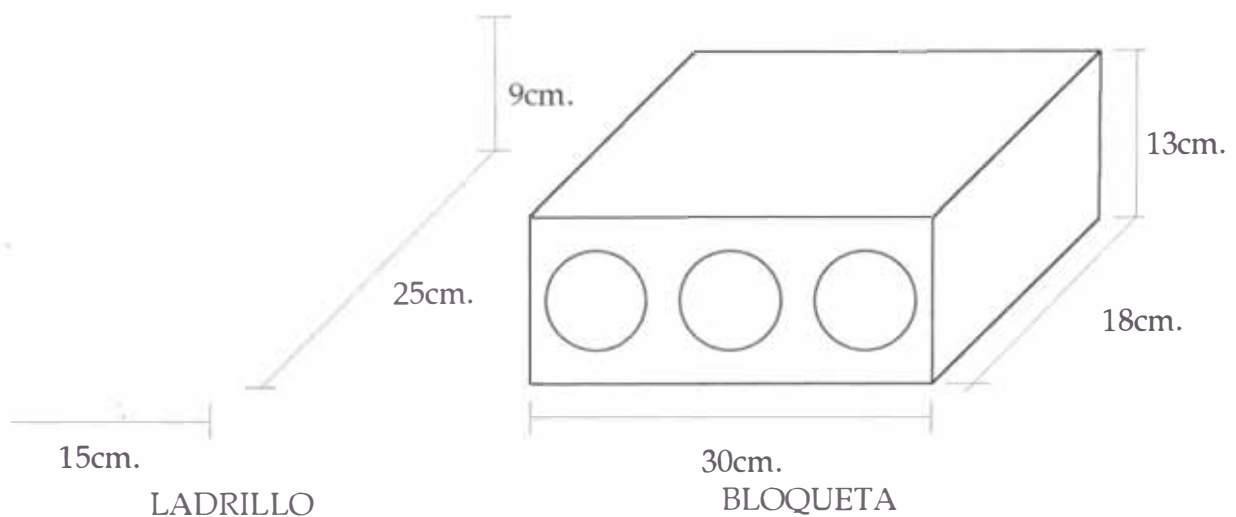
**FIGURA N° 6.4**  
**UNIDADES DE ALBAÑILERIA UTILIZADAS EN LAS**  
**CIUDADES DE ILO, MOQUEGUA Y TACNA**



Dimensiones promedio de las unidades de adobe empleadas en edificaciones antiguas (mayores de 100 años) ubicadas en los cascos urbanos antiguos de las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna.



Dimensiones promedio de las unidades de adobe que se utilizan en las edificaciones de los pueblos jóvenes de la ciudad de Moquegua.



Dimensiones promedio de las unidades de abañileria utilizadas para edificaciones en los pueblos jóvenes de las ciudades de Ilo y Tacna. Son de concreto, fabricadas artesanalmente, la bloqueta es usada tanto para muros como para el techo, los ladrillos son utilizados sólo para muros.

habitan, estas construcciones tienen más de 20 años de antigüedad y muestran varios defectos típicos que son:

- Mala calidad de los adobes.
- Dimensionamiento inadecuado de los adobes.
- Insuficiente traba horizontal entre los adobes.
- Juntas verticales continuas.
- Trabas inadecuadas en los encuentros de muros.
- Deficiente mano de obra en la construcción.
- Dimensionamiento incorrecto de los muros.
- Vanos de puertas y ventanas ubicados cerca de las esquinas de los muros, además que tienen un gran tamaño.
- Muros sin protección frente a la erosión por efecto del agua.
- Poco empotramiento en los dinteles de ventanas y puertas.
- No existe una viga collar que proporcione rigidez a los muros.

#### **6.1.2 TIPO 2: SISMICAMENTE DEBILES**

Construidas con muros de unidades de albañilería mayoritariamente de ladrillo o bloquetas de concreto fabricados artesanalmente, con y sin columnas con techo ligero y flexible, sin viga collar, cimentación de concreto simple, con techo ligero y flexible de planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc entre otros. Se ubican en los pueblos jóvenes de Ilo, Tacna y el Balneario de Boca del Rio-Tacna.

El comportamiento sísmico de este tipo de edificaciones es similar al "Tipo 1", con una resistencia algo mayor debido al uso de unidades de albañilería, pero en este caso, al haber sido éstas fabricadas artesanalmente sin ningún tipo de control de calidad no aportan toda la resistencia debida. Mayoritariamente los muros tienen confinamiento vertical (columnas) que aumentan su resistencia sísmica, pero al no tener confinamiento horizontal (viga collar) los muros están expuestos a fallar por flexión. Asimismo como el concreto no es mezclado en máquina, sino manualmente, provoca que la mezcla no tenga la calidad necesaria manifestándose en las columnas con la presencia de

cangrejeras las cuales disminuyen su resistencia a la compresión, tracción y corte.

Las unidades de albañilería son de dos tipos, los ladrillos de concreto con dimensiones 15 x 25 x 9 cms. en promedio utilizados para muros y las bloquetas de concreto de dimensiones 30 x 18 x 13 cms. en promedio que son utilizados para muros y techos. Tienen como características principales resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degradan su durabilidad y/o resistencia, no presentan uniformidad en su calidad, textura superficial y acabado, esto se debe a la mala selección de los agregados, inadecuada dosificación (se utiliza una bolsa de cemento para cinco carretillas de agregado, el cual les rinde de 40 a 45 bloquetas) faltando cemento, mezclado de los materiales en forma manual e inadecuado proceso de curado. Los agregados son de forma redondeada y no presentan una granulometría continua, al ejecutarse la mezcla en forma artesanal no se realiza una buena vibración y compactación, el curado se realiza mediante riegos no muy sucesivos sin estar bajo cubierta, en la mayoría de las veces son utilizados a los pocos días de terminado el curado.

### **6.1.3 TIPO 3: SISMICAMENTE SEMI-RESISTENTES**

Las edificaciones sísmicamente semi-resistentes son las que originalmente fueron sísmicamente débiles, la diferencia está en que en que cuentan con un techo rígido de concreto reforzado aligerado con bloquetas de concreto en lugar del techo ligero y flexible descrito anteriormente. Realizadas por autoconstrucción sin criterio profesional, al igual que en las edificaciones tipo 1 y 2, sus propietarios por sus bajos ingresos no pueden pagar los servicios de profesionales especializados, por lo que para su construcción se emplean unidades de albañilería fabricados artesanalmente los cuales no aportan toda la resistencia debida frente al corte y la flexión, y el concreto es elaborado manualmente sin máquina, no alcanzando las resistencias reglamentarias, el sistema estructural empleado aparentemente es

el de albañilería confinada pero con los defectos propios de la autoconstrucción, por ejemplo:

- Nacimiento de columnas en el segundo piso.
- Muros con vanos confinados erróneamente con una columna.
- Construcción primera de columnas levantándose después el muro (el muro actúa como tabique, sin confinamiento).
- Falta de continuidad vertical en columnas y muros.
- Presencia de cangrejas en columnas, vigas y techos, reduciendo la resistencia de estos elementos.
- Baja calidad en la mano de obra.
- Inadecuada distribución de densidad de muros siendo menor en el sentido paralelo a la fachada y mayor en el sentido perpendicular.

Estas edificaciones presentan una mayor resistencia que las tipo 1 y 2, por ello ante la presencia de un sismo su comportamiento será mejor que las edificaciones mencionadas pero sin alcanzar la resistencia de las tipo 4.

En las construcciones con muros de albañilería y techo de concreto reforzado aligerado, el techo actúa como un diafragma rígido y si la edificación es sometida a la acción sísmica horizontal, dicho elemento distribuye la fuerza sísmica proporcionalmente a las rigideces de los muros, los que tienden a fallar por corte, presentándose la clásica cruz de San Andrés (diagonales que se intersectan) casi siempre en el centro del plano. Si hay vanos de puertas o ventanas en el muro, las grietas diagonales se irradian a partir de las esquinas de dichos vanos. Si los muros no están confinados por columnas y vigas de amarre, las grietas se propagan hacia las esquinas, el muro se disloca, eventualmente



colapsan y se produce el desplome del techo. Este tipo de falla ocurre en la dirección donde la densidad de muros es menor.

#### **6.1.4 TIPO 4: SISMICAMENTE RESISTENTES**

Estas construcciones están diseñadas para soportar los sismos y sólo intensidades muy altas les ocasionarían graves daños, las edificaciones de albañilería confinada construidas con asesoramiento técnico corresponden a este tipo.

Las edificaciones de albañilería confinada tienen en sus muros unidades de albañilería hechas en fábrica, bajo control de calidad, el concreto se elabora con máquina mezcladora y vibrado mecánicamente, el diseño contempla una adecuada densidad de muros, los cuales tienen confinamientos adecuados (columnas de amare, vigas collar), con techo de losa de concreto reforzado aligerado con ladrillos que actúa como un diafragma rígido distribuyendo la fuerza horizontal sísmica entre los muros.

### **6.2 RECOMENDACIONES PARA DISMINUIR EL GRADO DE VULNERABILIDAD EN LAS EDIFICACIONES.**

#### **6.2.1 TIPO 1: CONSTRUCCIONES SISMICAS MUY DEBILES**

En las construcciones de adobe, es recomendable y necesario el reforzamiento en aquellas que presentan hasta un 60% de daños (Colapso Parcial), mediante la reparación de las fisuras y grietas con un mortero de cemento-tierra en proporción 1:4, tratando en lo posible que durante la inyección del mortero las grietas sean llenadas en su totalidad.

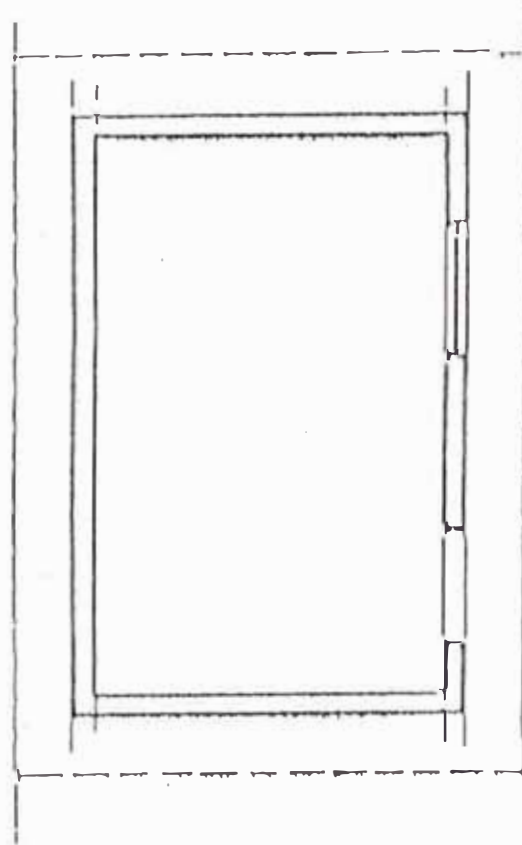
El elemento más efectivo para evitar fallas por flexión es la **VIGA COLLAR** (ver **Figura N° 6.5**), consiste en la colocación de un refuerzo perimetral de vigas de madera trabadas entre sí (cara interior y exterior de los muros) y unidas a los muros en las esquinas mediante pernos colocada en la parte superior de los muros y a la altura de los dinteles de puertas y ventanas. Esta viga perimetral de madera no quita a la edificación su flexibilidad original y es relativamente económico. Este tipo de refuerzo tiene como objetivo absorber los esfuerzos por flexión y tracción que se

VISA COLLAR CORRIDA

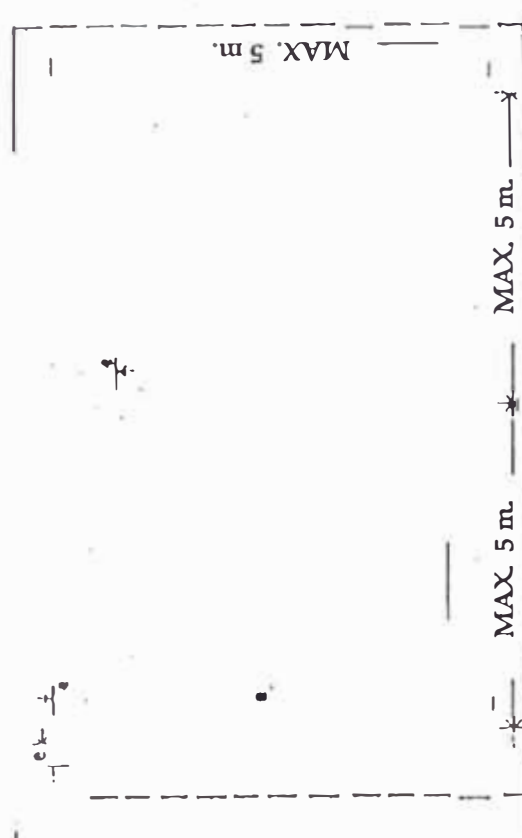
GRIETAS TÍPICAS SE PRESENTAN EN LAS  
ESQUINAS Y EN EL CENTRO, PROPAGÁNDOSE  
DE ARRIBA HACIA ABAJO

ELEVACION DE UNA CASA DE ADOBE  
MEJORADA.

CONTRAFUERTE



PLANTA DE UNA CONSTRUCCION DE ADOBE  
TRADICIONAL.



PLANTA DE UNA CASA DE ADOBE MEJORADA.

FIGURA 6.5  
CONSTRUCCIONES DE ADOBE

producen en los muros y encuentros de muros ante la acción de un movimiento sísmico.

Para el refuerzo con vigas de madera, es recomendable utilizar madera tipo tornillo de sección 3" x 12", la longitud de las vigas que se colocan en el interior de la vivienda va de acuerdo a las dimensiones libres de los muros; y las longitudes de las vigas externas debe ser igual a la dimensión libre del muro más dos veces su ancho más la longitud de un adobe.

Los pernos deberán ser de acero de sección 1 y 1/2 " y de longitud igual al ancho del muro más una pulgada.

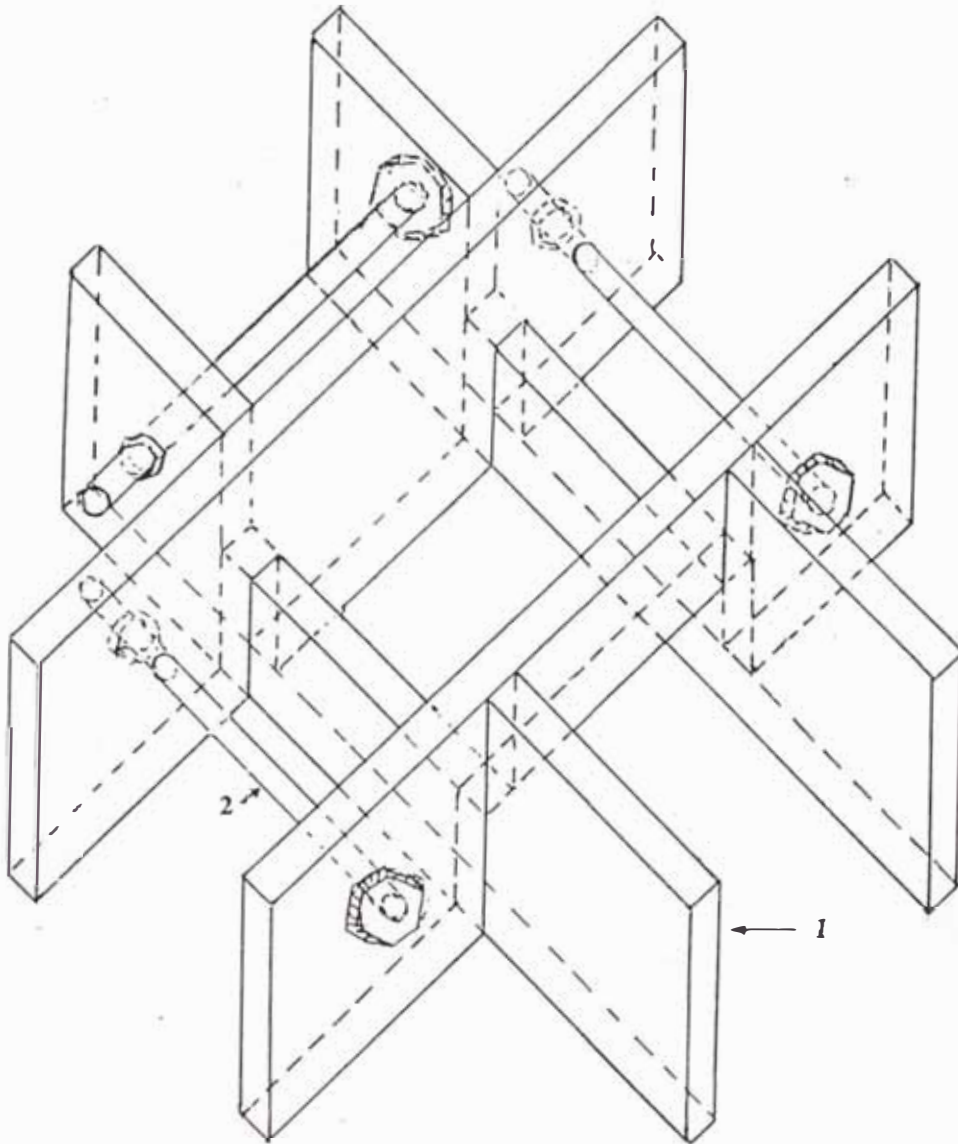
Se recomienda que el ancho y la profundidad de los canales en los muros, para la colocación del refuerzo, debe ser igual al peralte y espesor de las vigas de madera.

La viga collar también puede ser de concreto reforzado con 4  $\varnothing$  1/2" y estribos de  $\varnothing$  1/4" con un ancho igual al muro y una altura entre 15 a 20 cms. (ver Figura N° 6.7).

Respecto a la elaboración de los adobes se dan las siguientes recomendaciones básicas:

- La tierra para fabricar adobe debe estar formada por el 25 a 45% de limos y arcilla y el resto de arena. La proporción máxima de arcilla será de 15 a 17%. La tierra no debe ser de cultivo y debe estar libre de materias vegetales, sales e impurezas orgánicas.
- Como estabilizadores para impermeabilizar la tierra se puede utilizar asfalto (en una proporción de 1 a 3%), cemento (10 a 12%) o cal (15 a 20%). Estos productos mejoran la calidad del adobe pero elevan su costo de 3 a 5 veces más. Otra alternativa que permite disminuir los costos es utilizar estabilizadores de procedencia vegetal, el uso de la paja (1% en peso) reduce las contracciones debido al secado y mejora la adherencia con los materiales.

FIGURA N° 6.6  
DETALLE DEL CRUCE EN LOS MUROS DE LAS  
VIGAS COLLAR DE MADERA  
(Gonzales 1 992)



1 VIGAS DE MADERA:

- espesor = 3 pulgadas
- peralte = 12 pulgadas
- longitud = longitud del muro

2 PERNOS DE ACERO:

- diámetro = 1 1/2 pulgadas
- longitud = espesor del muro +  
espesor de la tuerca +  
1/2 pulgada

FIGURA N° 6.7  
 VIGA COLLAR DE CONCRETO PARA REFORZAMIENTO  
 DE CONTRUCCIONES DE ADOBE  
 (Mayco 1992)

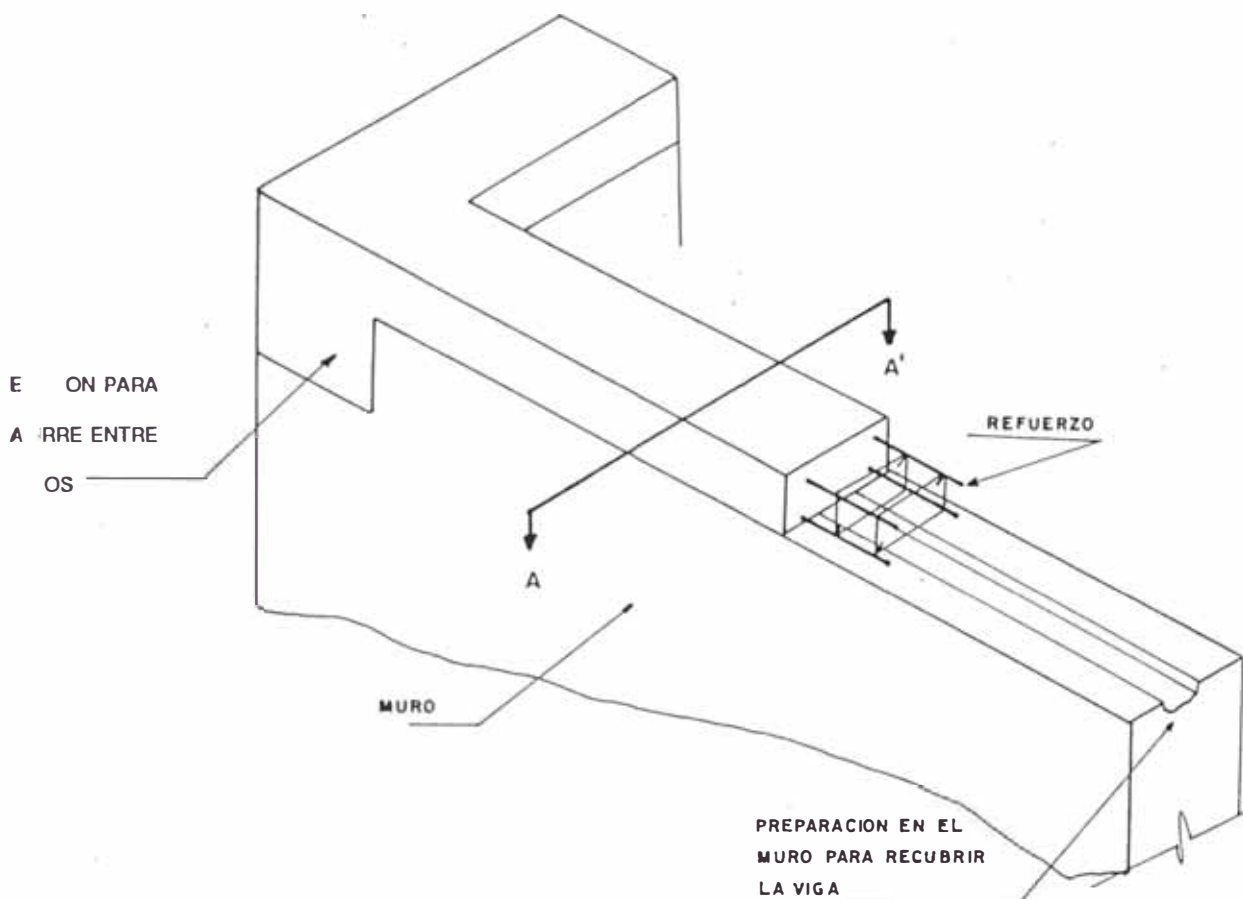
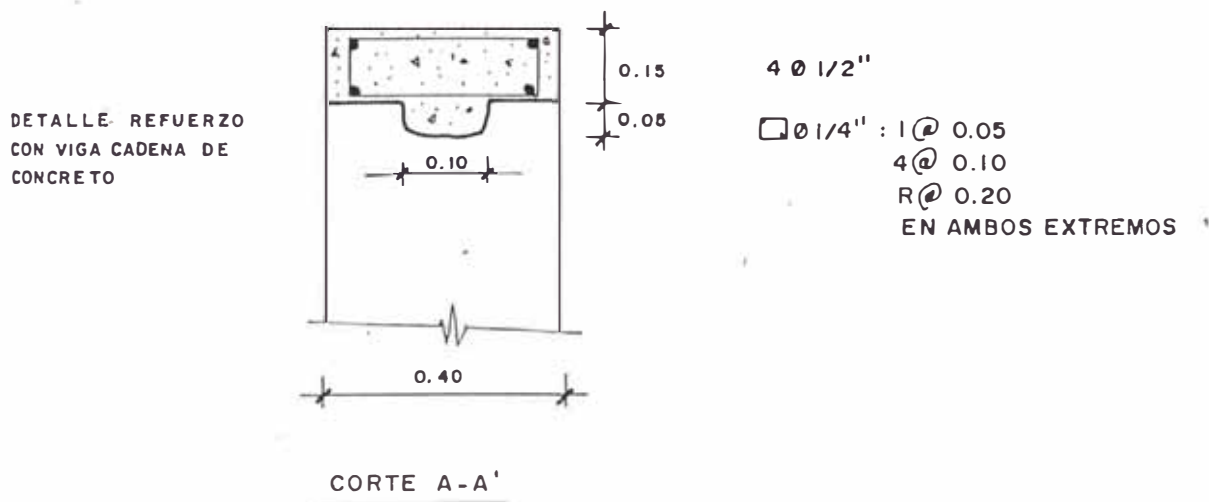


FIGURA N° 1



- La longitud de los adobes no será mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega, siendo la dimensión máxima de 40 cm.

En cuanto a los muros, es necesario una buena distribución de vanos para puertas y ventanas, el porcentaje de éstos será como máximo del 33% del total del área del muro, alejándolos de las esquinas y proporcionando simetría. El asentado de los adobes debe ser controlado, las juntas verticales deben ser alternadas entre cada hilada.

Se recomienda la continuación de los muros más allá de los cruces a manera de contrafuertes (mochetas), aparte de incrementar la estabilidad de las paredes permite fijar mejor los refuerzos de la viga collar (ver **Figura N° 6.5**).

Los cimientos y sobrecimientos serán preferentemente de concreto ciclópeo.

Se debe revestir con cemento en la parte inferior de los muros (50 cm. de altura) para evitar su deterioro por acción del agua.

Donde se presenta inevitablemente la necesidad de cimentar en terrenos con pendiente, es recomendable hacerlo sobre plataformas en corte de modo que los muros tengan alturas uniformes.

## **1.2 TIPO 2: SISMICAMENTE DEBILES**

Para las edificaciones de albañilería con techo ligero, es decir con muros de ladrillo o bloquetas de concreto unidos con mortero de arena-cemento, se deberá aumentar su resistencia sísmica incorporando una viga collar de concreto reforzado a nivel de dintel y sobre todos los muros. Si los muros tienen o se les añade columnas de concreto reforzado, la viga collar puede construirse sobre el borde superior de los muros, pero debe conectarse a las

- La longitud de los adobes no será mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega, siendo la dimensión máxima de 40 cm.

En cuanto a los muros, es necesario una buena distribución de vanos para puertas y ventanas, el porcentaje de éstos será como máximo del 33% del total del área del muro, alejándolos de las esquinas y proporcionando simetría. El asentado de los adobes debe ser controlado, las juntas verticales deben ser alternadas entre cada hilada.

Se recomienda la continuación de los muros más allá de los cruces a manera de contrafuertes (mochetas), aparte de incrementar la estabilidad de las paredes permite fijar mejor los refuerzos de la viga collar (ver **Figura N° 6.5**).

Los cimientos y sobrecimientos serán preferentemente de concreto ciclópeo.

Se debe revestir con cemento en la parte inferior de los muros (50 cm. de altura) para evitar su deterioro por acción del agua.

Donde se presenta inevitablemente la necesidad de cimentar en terrenos con pendiente, es recomendable hacerlo sobre plataformas en corte de modo que los muros tengan alturas uniformes.

### **6.2.2 TIPO 2: SISMICAMENTE DEBILES**

Para las edificaciones de albañilería con techo ligero, es decir con muros de ladrillo o bloquetas de concreto unidos con mortero de arena-cemento, se deberá aumentar su resistencia sísmica incorporando una viga collar de concreto reforzado a nivel de dintel y sobre todos los muros. Si los muros tienen o se les añade columnas de concreto reforzado, la viga collar puede construirse sobre el borde superior de los muros, pero debe conectarse a las

columnas. De esta manera se incrementará notablemente a los muros su resistencia a los efectos de corte y flexión.

Para las edificaciones de quincha y madera deteriorados por el tiempo, ya sea por efectos de humedad o por picadura de insectos, se deberán reemplazar los elementos dañados por otros nuevos. Los de madera serán tratados con preservantes; se tomarán medidas que eviten el contacto con el suelo húmedo.

### **6.2.3 TIPO 3: SEMI-RESISTENTES**

Como su nombre lo indica, estas edificaciones presentan una resistencia sísmica mayor que los tipo 1 y 2, pero por los defectos propios de la autoconstrucción no llegan alcanzar la resistencia de los tipo 4.

Respecto a la fabricación artesanal de los ladrillos y bloquetas de concreto, que se usan en las edificaciones tipo 2 y 3, se dan las siguientes recomendaciones básicas dirigidas a mejorar su calidad:

- No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- Presentar uniformidad en sus dimensiones, calidad, textura y acabado.
- Es recomendable en lo posible usar granulometrías continuas a fin de obtener superficies de textura fina.

El correcto estudio de la dosificación, selección y combinación de los materiales fino y grueso, su relación a la cantidad total del agua y la relación agua-cemento debe ser determinada mediante ensayos de laboratorio.

- Se deberá emplear para la compactación de la mezcla, presión combinada con vibración. Se obtiene así una compactación efectiva.



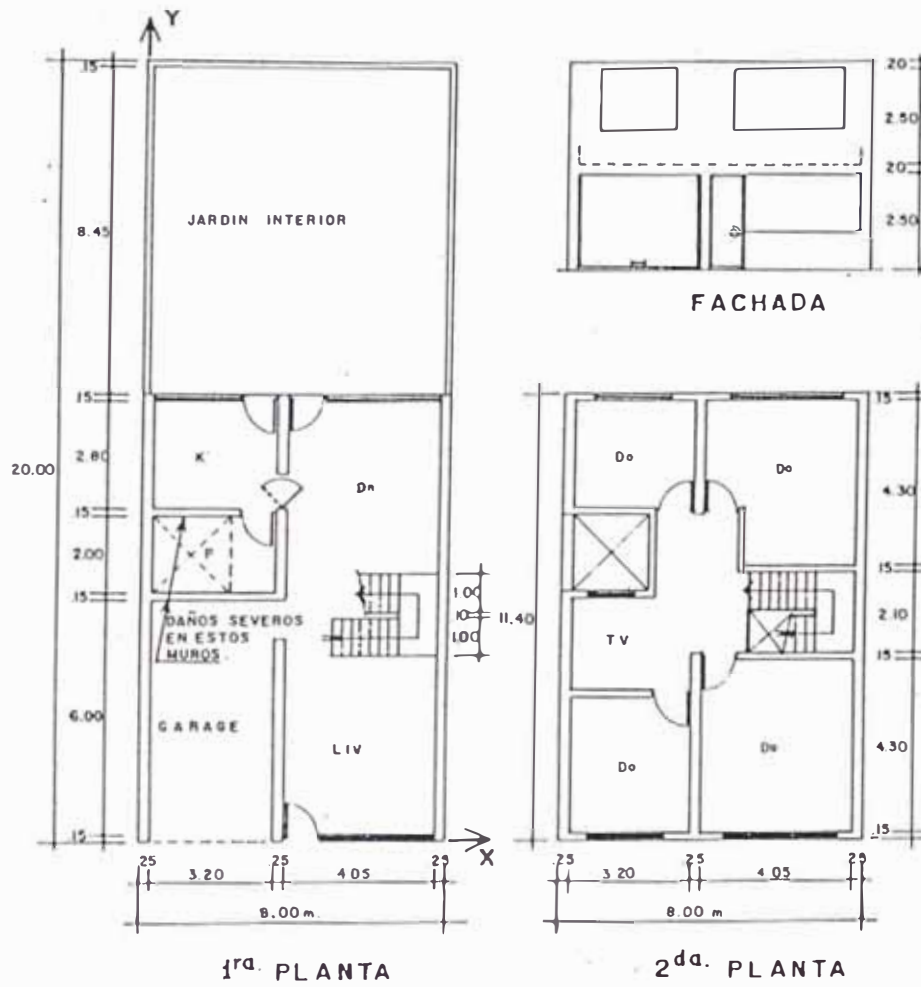
- El curado se deberá efectuar como mínimo durante 7 días manteniendo los bloques húmedos en forma permanente mediante riegos sucesivos y estando éstos bajo cubierta. Antes de ser utilizados deberán tener una edad mínima de 28 días.

Un defecto típico de la autoconstrucción es la baja densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada. En general las construcciones hechas sobre lotes angostos y largos (ver Figura N° 6.8) es muy resistente en la dirección "Y" donde hay muchos muros resistentes en esa dirección, pero hay muy pocos en la dirección "X" y éstos son los que fallan.

La densidad de muros se define como la longitud total del muro en la dirección considerada, dividida entre el área total de la construcción. Se deben tener las siguientes consideraciones:

- Como espesor unitario de muro se considera el muro de cabeza de 0.25 m.
- Para muros de soga de 0.15 m. de espesor, ésta se reduce por el factor  $0.15/0.25 = 0.6$ .
- Cuando se mide la longitud de muros, se descuentan los vanos correspondientes a puertas y ventanas.

El área considerada, es el de construcción acumulada de arriba hacia abajo. En el ejemplo de la Figura N° 6.8 se muestra como se ha determinado la densidad de muros del primer piso, el área acumulada es la de los dos pisos. Se podrá notar que hay resistencia en exceso en la dirección "Y", por lo tanto, el muro que es de 0.25 m. de espesor se puede reducir a 0.15 m. Y la densidad de muros queda reducida a  $17.65 \times 0.60 = 10.59 \text{ cm/m}^2$  que aún es adecuada. Con esto se logra reducir significativamente los costos de construcción. Los dos muros del patio de servicio que actúan en la dirección "X", pueden incrementarse a 0.25 m. de espesor y ser reforzados con pequeños muros de concreto armado. Además, las



EJEMPLO DENSIDAD DE MUROS: 1er. piso

$$\alpha_y = \frac{\sum L_x \text{ (cm)}}{\text{Area (m}^2\text{)}} = \frac{320 \times 0.6 + 220 \times 0.6}{11.40 \times 8.00 \times 2} = \frac{324}{182.4} = 1.77 \text{ cm/m}^2$$

$$\alpha_x = \frac{1140 + 940 + 1140}{11.40 \times 8.00 \times 2} = \frac{3220}{182.4} = 17.65 \text{ cm/m}^2$$

**FIGURA N° 6.8**  
**CALCULO DE LA DENSIDAD DE MUROS**



**FIGURA N° 6.9**  
**GRAFICO: DAÑOS VS. DENSIDAD DE MUROS**

columnas de refuerzo de 0.15 x 0.25 tendrán su mayor dimensión en la dirección "X", con lo cual, se busca equilibrio en la resistencia de las dos direcciones.

Una conclusión importante que se llegó después de estudiar cientos de edificaciones de este tipo dañados y no dañados, es que las columnas de refuerzo de concreto armado son muy efectivas para incrementar la resistencia sísmica, como se aprecia en la **Figura N° 6.9** (Kuroiwa 1 993).

Si la densidad de muros es mayor que unos 8 cm/m<sup>2</sup> en ambas direcciones y tiene columnas de refuerzo, la edificación puede considerarse sísmicamente resistente.

#### **TIPO 4: SISMICAMENTE RESISTENTE**

Edificaciones diseñadas para resistir sismos y sólo intensidades muy altas le ocasionaría graves daños. Intensidad IX de la M.M.A. causan daños leves en estas edificaciones las cuales se podrán reparar devolviéndole a la estructura su resistencia original.

# CAPITULO VII

## Conclusiones y Recomendaciones

Se presenta a continuación, las conclusiones y recomendaciones más importantes a las que se ha llegado al concluir este estudio:

- 1.- La zona de estudio presenta en general un alto riesgo de desastre sísmico, debido a la existencia de los niveles de vulnerabilidad alta y media en la mayoría de las edificaciones de las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna. Dicha vulnerabilidad está afectada por el peligro natural de ocurrencia de un sismo de gran magnitud que existe en la zona. De ocurrir dicho sismo se manifestaría probablemente en intensidades entre VII, VIII y IX M.M.A-92 dependiendo de las condiciones locales en cada ciudad.
- 2.- La zona más vulnerable es la ciudad de Moquegua. Los asentamientos humanos antiguos y nuevos optaron por construir sus edificaciones con adobe, el cual no ofrece mayor resistencia frente a un sismo de fuerte intensidad; además dichas viviendas presentan rajaduras producto del tiempo y de fallas locales como asentamientos producidos por suelos de relleno, humedad en suelos por fugas en redes de desagüe, y sobre todo por

que el material empleado para fabricarlos no es estabilizado siendo éstos de baja calidad.

- 3.- En los pueblos jóvenes de Moquegua, el material empleado para fabricar el adobe es del terreno donde se han asentado, no utilizando ningún otro estabilizador. Además las viviendas de adobe presentan defectos constructivos típicos como insuficiente traba horizontal, deficiente mano de obra en la construcción, falta de viga collar que rigidice a los muros, poco empotramiento de los dinteles, etc. Por todo ello se presenta una alta vulnerabilidad en estas edificaciones.
- 4.- En la ciudad de Tacna predominan los niveles medio y alto de vulnerabilidad, por la existencia mayoritaria de edificaciones Tipo 1 (adobe) y tipo 2 (muros de albañilería reforzados con columnas, con techo flexible y ligero de planchas de asbesto-cemento, zinc o caña cubierto con torta de barro). Las edificaciones tipo 1 presentan un mal estado de conservación y se ubican en la zona central de la ciudad conocido como casco antiguo, las de tipo 2 tienen un regular estado de conservación y están asentados mayoritariamente en los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Edificaciones tipo 3, albañilería confinada de bloquetas de concreto también se encuentran en los distritos antes mencionados y en las periferias del casco urbano central.
- 5.- En la ciudad de Ilo se han encontrado edificaciones tipo 2 (construcciones de madera y quincha deteriorados por el tiempo, con techo flexible y ligero), ubicados principalmente en la zona central del casco urbano del distrito de Ilo, también existen edificaciones tipo 1, de los cuales muy pocas son de adobe y mayoritariamente son viviendas provisionales con muros y techos de esteras, maderas, planchas onduladas de asbesto-cemento, zinc, sin ningún sistema estructural de soporte. Edificaciones tipo 2 y tipo 3 son las que mayormente predominan en la ciudad, ubicados en los pueblos jóvenes que se han asentado en el talud natural de la muralla costera, las de tipo 2 son edificaciones de muros de albañilería reforzados con columnas sin viga collar con techo flexible y ligero de planchas de asbesto-cemento o zinc; las de tipo 3 edificaciones autoconstruidas con muros de albañilería confinada, con ladrillos y bloquetas de concreto fabricados artesanalmente, con techo rígido de concreto reforzado aligerado con bloquetas de concreto.

- 6.- En ambas ciudades (Ilo y Tacna) para las edificaciones tipo 2 y 3 se han utilizado como unidades de albañilería las bloquetas y ladrillos de concreto fabricados artesanalmente, por los materiales usados y proceso de fabricación son de baja calidad. Estas unidades disminuyen el grado de resistencia sísmica en los muros de estas edificaciones ya que no presentan un buen comportamiento frente a efectos de corte y flexión aún así estén confinados. Además, como estas edificaciones han sido autoconstruidas (los mismos pobladores han construido su vivienda sin contar con asesoría técnica especializada), se está confundiendo el concepto de confinamiento en los muros, primero construyen las columnas de la edificación y luego levantan los muros, de tal manera que no se realiza un amarre adecuado entre columna y muro. Este defecto aumenta la vulnerabilidad en estas edificaciones.
- 7.- El concreto que se ha observado en las edificaciones tipo 2 (Sísmicamente débiles) y tipo 3 (Semirresistentes) es de calidad regular, presentándose en muchas de ellas cangrejas en columnas, vigas y techos, esto se debe a que no se ha utilizado para la mezcla del concreto, máquina mezcladora y tampoco vibradora; se ha elaborado el concreto en forma manual. Este factor también aumenta la vulnerabilidad en este tipo de edificaciones.
- 8.- En el Balneario de Boca del Río, las edificaciones son del tipo 2, muros de albañilería sin confinar con techo flexible y ligero de planchas de asbesto-cemento, la unidad de albañilería empleada es la bloqueta de concreto con similares características que ya han sido detalladas. Se considera en este Balneario un nivel de vulnerabilidad alta.
- 9.- Respecto a las probables intensidades sísmicas esperadas, se ha correlacionado el tipo de suelo, geología y topografía de cada ciudad con intensidades VII, VIII y IX M.M.A.-92. Se debe recalcar que estos valores se consideran aproximados, ya que para determinar con exactitud la intensidad sísmica se debe considerar varios parámetros importantes, se ha realizado esta correlación con el afán de obtener valores prácticos con los cuales poder aproximar los posibles daños que sufrirán las edificaciones. En general se han determinado intensidades VII, VIII y IX en la ciudad de Tacna, VII y VIII en Moquegua y VII+ y VIII en Ilo. En el Balneario de Boca del Río se proyecta intensidad VII+.

- 10.- Al superponer los resultados de la vulnerabilidad con las probables intensidades sísmicas se obtienen las áreas de niveles de riesgo de desastre sísmico. Para la ciudad de Ilo, se han obtenido Riesgo Bajo y Medio predominando el Medio, para la ciudad de Moquegua Riesgo Bajo, Medio y Alto predominando el Alto, para Tacna Riesgo Medio y Alto predominando el Medio y en el Balneario de Boca del Rio el Riesgo es Medio.
- 11.- En los asentamientos humanos de las ciudades de estudio conocidos como pueblos jóvenes, cuya ocupación del suelo es producto de invasiones, se presenta la vulnerabilidad sísmica por origen, debido al proceso de autoconstrucción de viviendas, los cuales son hechos mayoritariamente sin criterio antisísmico. Los propietarios de estas edificaciones tienen bajos ingresos lo que los motiva a optar por la autoconstrucción sin asesoramiento técnico.
- 12.- Las condiciones económicas mencionadas originaron que los pobladores elijan utilizar el ladrillo y la bloqueta de concreto fabricado artesanalmente, que económicamente resulta más cómodo comparando con los fabricados industrialmente.
- 13.- Se recomienda, como medida para mitigar los posibles daños, en las edificaciones tipo 1 (adobe) de las ciudades de Moquegua y Tacna, el empleo de la Viga Collar continua, la cual puede ser de madera o concreto reforzado, se deberá utilizar contrafuertes los cuales dan estabilidad a los muros, mejorando los anclajes de las vigas collar más allá de los puntos de cruce de muros en esquina. Las fisuras y grietas deberán ser llenadas con mortero de cemento-tierra en proporción 1:4.
- 14.- Para las edificaciones Tipo 2 (albañilería con techo ligero y flexible), se recomienda colocar la viga collar continua de concreto reforzado de tal manera que confine horizontalmente los muros, así se podrá aumentar la resistencia en estas edificaciones de tal manera que eviten que vibren como borde libre. De ser posible también se deberán agregar columnas confinando verticalmente el muro.

- 15.- Se recomienda ejecutar ensayos de laboratorio a los materiales usados para la fabricación de las bloquetas y ladrillos de concreto , de tal manera que se pueda encontrar la dosificación óptima de agregado y cemento para darle la resistencia adecuada según normas establecidas.
- 16.- Debido a que el método de autoconstrucción se seguirá empleando en los asentamientos humanos sobre todo en las últimas invasiones que tienen como viviendas provisionales esteras, se deberá encargar a las instituciones responsables (municipalidades, gobiernos regionales) una campaña constante de asesoramiento en la construcción de viviendas, a fin de no seguir cometiendo los errores constructivos mencionados anteriormente.
- 17.- De la evaluación preliminar, se ha establecido que las ciudades de Ilo y Moquegua se encuentran limitadas para afrontar un posible desastre sísmico, sólo cuentan con una estación de bomberos con equipo insuficiente, y con un hospital con capacidad limitada para una emergencia de tal naturaleza. Además no cuentan con un comité encargado de defensa civil que se encargue de implementar y evaluar constantemente lo mencionado.
- 18.- En la ciudad de Tacna se cuenta con dos estaciones de Bomberos y un hospital regional, tienen un comité de Defensa Civil que si está constantemente en alerta. Aún así no son suficientes los recursos que tienen para enfrentar el posible desastre que afectaría una población de 178 680 habitantes.
- 19.- Por lo anteriormente expuesto , se recomienda en el más breve plazo, conformar en las ciudades de Ilo y Moquegua comités de Defensa Civil con el objetivo de implementar el plan de emergencia respectivo, así como mejorar la infraestructura necesaria para enfrentar el posible desastre sísmico. De igual manera en la ciudad de Tacna se deberá reforzar al actual comité de tal manera que cuenten con lo necesario para cumplir con la labor de implemetar el plan de emergencia.



## BIBLIOGRAFIA

- **Alva J., Meneses J. y Guzman V. (1 984)**, "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- **Alvarado J. ( 1 974 )**, "La Provincia de Ilo y sus actividades Portuarias", Revista Wiracocha, Ilo, Perú.
- **Blanco A. (1 990)**, " Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado", Libro N° 2 Colección del Ingeniero Civil del Colegio de Ingenieros del Peru, Lima, Perú.
- **Bellido E. (1 979)**, "Geología del Cuadrángulo de Moquegua", Boletín N° 15, INGEMMET, Lima, Perú.
- **Bolt B. (1 981)**, "Terremotos", Ediciones Orbis S.A. (1985), Barcelona, España.
- **Campos A. (1 992)**, "Metodología para la Evaluación del Escenario de Pérdidas en Caso de Terremoto", Memorias del Curso Internacional Sobre Mitigación de Desastres, tomo II, CISMID, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- **Castillo J. (1 994)**, "Peligro Sísmico en el Perú", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- **CERESIS (1 985)**, "Terremotos Destructivos en América del Sur 1530-1984", Proyecto SISRA, Volumen N° 10.
- **Cotrado D., Siña Y. (1 994)**, "Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tacna", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- **Davis I. (1 978)**, "Shelter After Disaster", Oxford Polytechnic, Press.

- **Deza E. (1 984)**, "Identificación de una Posible Estructura en Bloques en el Sur del Perú", Simposio sobre el Peligro y Riesgo Sísmico y Volcánico en América del Sur, Setiembre 24-28 1984, Instituto Nacional de Prevención Sísmica, San Juan, Argentina, Proyecto SISRA, Ceresis, Volumen N° 14, 1985.
  
- **Gonzales B. (1 992)**, "Rehabilitación de Estructuras de dos pisos de Adobe y Quincha en Lima Antigua", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
  
- **INADUR (1 983)**, "Diagnóstico sobre Vulnerabilidad y Riesgo de las áreas críticas de Lima Metropolitana", Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, Lima, Perú.
  
- **INADUR (1 983)**, "Plan Director de la Ciudad de Moquegua", Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, Lima, Perú.
  
- **INADUR (1 983)**, "Plan Director de la Ciudad de Ilo", Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, Lima, Perú.
  
- **INEI (1 993)**, "Resultados Preliminares del IX Censo Nacional de Población", publicado el 26 de Setiembre de 1993, Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú.
  
- **Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile (1977)**, "Evaluación de Riesgo de Tsunami para la costa Norte de Chile, paralelos 18° y 24° Sur, Chile.
  
- **Jaén H. y Ortíz G. (1 963)**, Geología de los Cuadrángulos de la Yarada y Tacna", Boletín N° 6, INGEMMET, Lima, Perú.
  
- **Kausel E. (1 986)**, "Los Terremotos de Agosto de 1868 y Mayo de 1877 que afectaron el Sur del Perú y el Norte de Chile", Boletín de la Academia de Ciencias N° 1 Vol. 3

- **Kuroiwa J. (1 977)**, "Protección de Lima Metropolitana ante Sismos Destructivos", Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- **Kuroiwa J. (1 992)**, "Proyección de daños relacionando intensidades sísmicas probables y tipos de edificaciones clasificados según su resistencia sísmica", comunicación personal, Lima, Perú.
- **Kuroiwa J. (1 992)**, "Escala de Intensidades Mercalli Modificada para los Paises Andinos 1992 (M.M.A.-92)", comunicación personal, Lima, Perú.
- **Kuroiwa J. (1 993)**, "Curso de Capacitación para Capacitadores", Lima, Perú.
- **LAGESA, Ingenieros Consultores (1980)**, "Estudio Definitivo de la Carretera Ilo-Desagüadero", Dirección General de Transporte Terrestre, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, Perú.
- **Maskrey A., Romero G. (1 986)**, "Urbanización y Vulnerabilidad Sísmica en Lima Metropolitana", Ediciones Predes, Lima, Perú.
- **Mayco F. (1 992)**, "Programa de Rehabilitación de Viviendas Antiguas", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- **Morales R., Torres R., Rengifo L., Irala C.**, "Manual para la construcción de viviendas de adobe" Universidad Nacional de Ingeniería", Lima, Perú.
- **Municipalidad del Centro Poblado Menor Boca del Rio-Tacna**, "Memoria Descriptiva del Proyecto de Abastecimiento de Agua", Tacna, Perú.
- **Municipalidad Provincial de Tacna (1 991)**, "Plan Director de la Ciudad de Tacna", Tacna, Perú.
- **Naciones Unidas (1 976)**, "Directivas para la Prevención de Desastres", Ginebra.

- **Naciones Unidas (1 982)**, "Planificación de Asentamientos Humanos en Zonas Propensas a Desastres", Comisión de Asentamientos Humanos, Nairobi.
- **Narváez S. (1 964)**, "Geología de los Cuadrángulos de Ilo y Locumba", Boletín N° 7, INGEMMET, Lima, Perú.
- **Ocola L. (1 989)**, "Patrones de Sismicidad en el Perú y Areas Vecinas", Seminario CISMID-UNI, Lima, Perú.
- **Paredes R. (1 974 )**, "Estudio sísmico de las viviendas en el distrito del Rimac bajo la hipótesis de un sismo destructor en el área de Lima Metropolitana", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería", Lima, Perú.
- **Rios J. (1 991)**, "Estudio de Vulnerabilidad y Medidas de Prevención Sísmica en el Cercado de Lima", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- **Rodriguez C. (1982)**, "Estudios de Ingeniería Antisísmica en Chuquibamba y Pampacolca (Arequipa)-Sismo del 16/02/79", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- **San Bartolomé A. (1 990)**, "Albañilería Confinada", Libro N° 4, Colección del Ingeniero Civil del colegio de Ingenieros de Perú, Lima, Perú.
- **Sarria A. (1 990)**, " Ingeniería Sísmica", Ediciones Uniandes, Colombia.
- **Silgado E. (1 978)**, "Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú (1513-1974)", Boletín N° 3, Serie C, INGEMMET, Lima, Perú.
- **Tokeshi J. (1 990)**, "Microtrépidaciones en las ciudades de Tacna y Cuzco", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

- **Tsuneo Katayama (1990)**, "Análisis de Peligro Sísmico-Algunos problemas relacionados a la Microzonificación", JICA, Seminario CISMID-UNI, Lima, Perú.
  
- **Vizcarra M. (1 986)**, "Microzonificación Sísmica de Moquegua Aplicada al Planeamiento Urbano para la Mitigación de Desastres Naturales empleando el Método Simplificado", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.