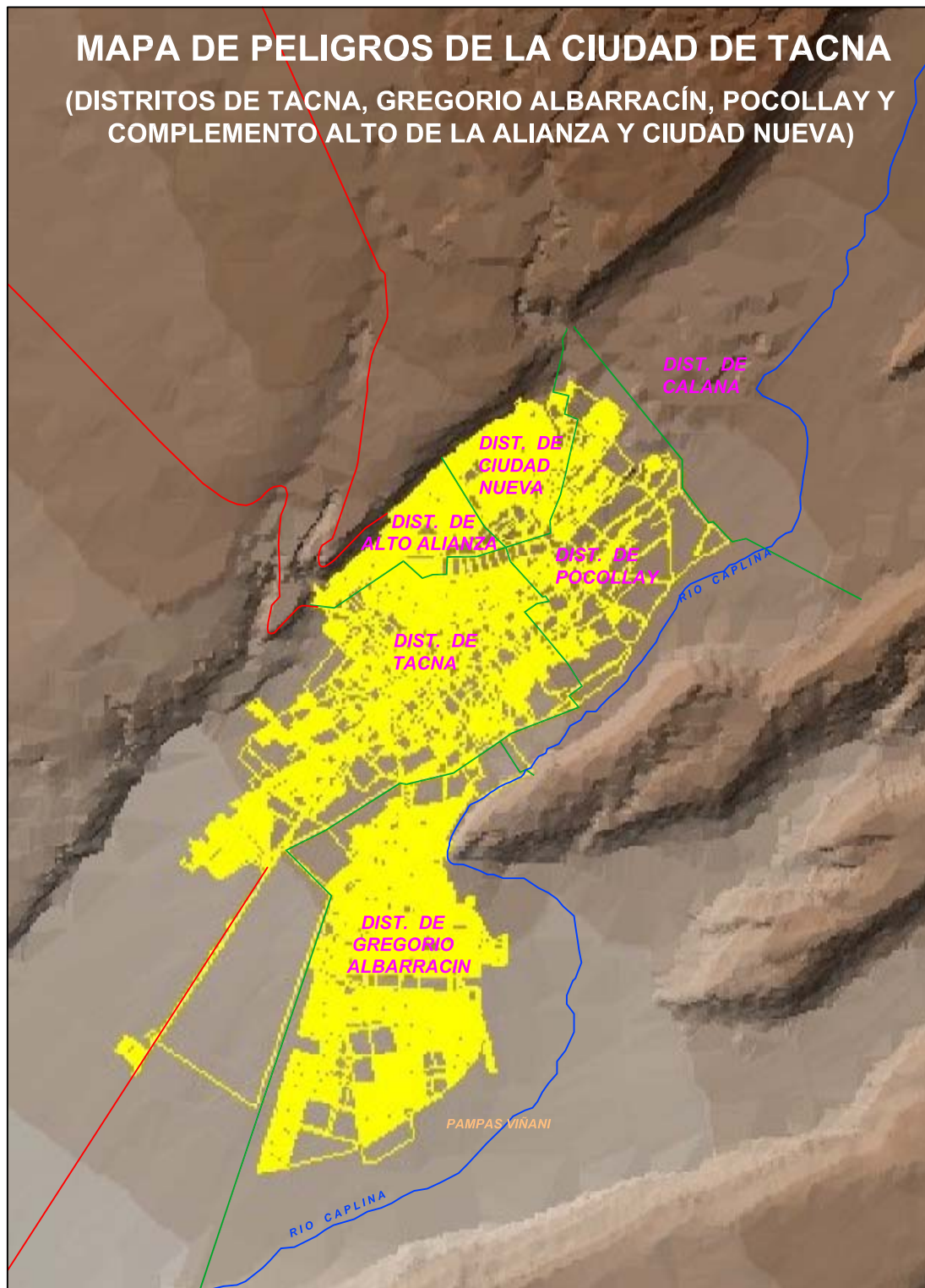




# INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO INDECI - PNUD PER 02/51

## CIUDADES SOSTENIBLES



### VOLUMEN I - MEMORIA

TACNA, DICIEMBRE DE 2004

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
I N D E C I**

**PROYECTO INDECI – PNUD PER/02/051  
CIUDADES SOSTENIBLES**

DIRECTOR NACIONAL

**Contralmirante A.P. (r)  
JUAN LUIS PODESTA LLOSA**



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
I N D E C I**

**DIRECCION REGIONAL DE DEFENSA CIVIL DE TACNA**

DIRECTOR

**ING. CARLOS GAMBETTA QUELOPANA**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
I N D E C I**

**PROYECTO INDECI – PNUD PER/02/051  
CIUDADES SOSTENIBLES**

Director Nacional de Proyectos Especiales

**JAMES ATKINS LERGGIOS**

Asesor Técnico Principal

**JULIO KUROIWA HORIUCHI**

Asesor

**ALFREDO PEREZ GALLEN**

Responsable del Proyecto

**ALFREDO ZERGA OCAÑA**

# **INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL I N D E C I**

## **EQUIPO TECNICO CONSULTOR**

Coordinador – Responsable del Estudio  
OSCAR PAREDES CHACON

Especialista en Geotecnia  
REYMUNDO JUAREZ COLQUE

Especialista en Hidrología  
LUIS VARGAS MALAGA

Especialista en CAD  
JESUS CARITA ESQUIA

## **COLABORADORES**

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TACNA  
MUNICIPALIDADES DISTRITALES DE POCOLLAY, GREGORIO  
ALBARRACIN LANCHIPA, ALTO DE LA ALIANZA, Y CIUDAD  
NUEVA

Especial colaboración ARQ. CARLOS SALAMANCA OVIEDO,  
Gerente de Desarrollo Urbano de la MUNICIPALIDAD  
PROVINCIAL DE TACNA

**ESTUDIO MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA  
(DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y  
COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)**

**I N D I C E**

**VOLUMEN I - M E M O R I A**

**RESUMEN EJECUTIVO**

<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
<b>1.1.0 EXPOSICION DE MOTIVOS</b>	<b>1</b>
<b>1.2.0 OBJETIVO</b>	<b>2</b>
<b>1.3.0 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD</b>	<b>3</b>
<b>1.4.0 CARACTERISTICAS CLIMATICAS</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO II: INVESTIGACIONES GEONOSTICAS</b>	<b>4</b>
<b>2.1.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES</b>	<b>4</b>
2.1.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	4
2.1.1.1 Formación Moquegua superior (T Mo_s)	4
2.1.1.2 Formación Huaylillas (T_Hy)	4
2.1.1.3 DEPÓSITOS CUATERNARIOS	5
2.1.1.3.1 Unidad conglomerádica (Q Uc)	5
2.1.1.3.2 Depósitos de cenizas volcánicas (Q ce)	6
2.1.1.3.3 Depósitos aluviales (Q al)	6
2.1.1.3.4 Depósitos fluviales (Q fl)	7
2.1.1.3.5 Depósitos deluviales (Q de)	7
2.1.1.3.6 Depósitos antropogénicos (Q an)	8
2.1.2 ASPECTOS ESTRUCTURALES	8
<b>2.2.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b>	<b>9</b>
<b>2.3.0 CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS</b>	<b>10</b>
<b>2.4.0 SISMICIDAD EN LA CIUDAD DE TACNA</b>	<b>11</b>
2.4.1 INTRODUCCION	11
2.4.1.1 ORIGEN DE LOS SISMOS	11
2.4.2 SISMICIDAD HISTÓRICA	14
2.4.2.1 TERREMOTO DEL 13 DE AGOSTO DE 1868	14
2.4.2.2 TERREMOTO DEL 9 DE MAYO DE 1877	14
2.4.2.3 TERREMOTO DEL 30 DE MAYO DE 1970	14
2.4.2.4 TERREMOTO DEL 12 NOVIEMBRE DE 1996 (Informe del IGP)	15
2.4.2.5 TERREMOTO DEL 23 JUNIO 2001	15
2.4.2.6 EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN ARICA	15
2.4.3 CARACTERÍSTICAS SISMOTECTÓNICAS DE TACNA	21
2.4.4 FRECUENCIA SISMICA DE TACNA	22

2.4.5	ESTUDIOS DE MICROTREPIDACIONES	22
2.4.6	ANALISIS TECNICO DEL SISMO 23 JUNIO 2001	22
2.4.7	ACELERACIONES DEL SISMO	24
<b>2.5.0</b>	<b>GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>26</b>
2.5.1	EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS	26
2.5.2	ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS	27
2.5.3	CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y ROCAS	28
2.5.3.1	ZONIFICACION DE SUELOS SUPERFICIALES	29
2.5.3.2	ZONIFICACION DE SUELOS PROFUNDOS (LAMINA N° 08)	32
2.5.4	CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS	33
2.5.4.1	FACTOR DE CORRECCIÓN EN CONDICIONES SÍSMICAS.	41
2.5.4.2	CALCULO DE ASENTAMIENTO A PARTIR DE ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL.	42
2.5.5	AMPLIFICACION SISMICA LOCAL	73
2.5.6	CONTENIDO DE SALES TOTALES Y SULFATOS DE LOS SUELOS	74
<b>CAPITULO III:</b>	<b>HIDROLOGIA</b>	<b>78</b>
<b>3.1.0</b>	<b>GENERALIDADES</b>	<b>78</b>
3.1.1	ANTECEDENTES	79
3.1.2	OBJETIVOS	79
3.1.3	INFORMACIÓN RECOPIADA	80
<b>3.2.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES Y ANÁLISIS DE LAS CUENCAS</b>	<b>80</b>
3.2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	80
3.2.2	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN	81
3.2.3	CLIMATOLOGÍA Y ECOLOGÍA	81
<b>3.3.0</b>	<b>HIDROMETEOROLOGÍA</b>	<b>88</b>
3.3.1	HIDROGRAFÍA	88
3.3.2	BANCO DE DATOS DISPONIBLE	88
3.3.3	PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD O CONSISTENCIA	90
3.3.4	ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS HIDROLÓGICAS	91
<b>3.4.0</b>	<b>HIDROLOGÍA</b>	<b>92</b>
3.4.1	ASPECTOS GENERALES	92
3.4.2	GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA CAPLINA	93
3.4.3	CORRELACIÓN GEOMORFOLOGÍA Y PLUVIOSIDAD	96
<b>3.5.0</b>	<b>EL FENÓMENO DE EL NIÑO</b>	<b>97</b>
3.5.1	PROBLEMÁTICA DE LA EVOLUCIÓN DEL FENÓMENO DE EL NIÑO	98
3.5.2	EL TRANSPORTE SÓLIDO	99
<b>3.6.0</b>	<b>ANÁLISIS DE DESCARGAS Y MÁXIMAS AVENIDAS</b>	<b>100</b>
<b>3.7.0</b>	<b>MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN HIDRAULICA</b>	<b>101</b>
3.7.1	MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS	102



**CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA 106**

<b>4.1.0</b>	<b>MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO – GEOTECNICOS</b>	<b>106</b>
4.1.1	FENOMENOS DE ORIGEN GEOLÓGICO - GEOTECNICO	106
4.1.2	EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-GEOTECNICOS – ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	110
4.1.3	ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLÓGICO-GEOTECNICOS	112
<b>4.2.0</b>	<b>MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS</b>	<b>114</b>
4.2.1	ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS. (LÁMINA N° 16)	116
<b>4.3.0</b>	<b>EVALUACION DE PELIGROS ANTROPICOS</b>	<b>117</b>
4.3.1	PELIGRO POR INSTALACIONES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN:	117
4.3.2	PELIGROS POR INSTALACIONES DE GRIFOS DE COMBUSTIBLE Y POLVORINES DENTRO DE LA CIUDAD:	118
4.3.3	PELIGRO POR FUENTES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	118
4.3.3.1	ESTACIONES DE MUESTREO	119
4.3.3.2	DESCRIPCION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO	121
4.3.3.3	EVALUACION POR TIPOS DE CONTAMINANTES	125
<b>4.4.0</b>	<b>EVALUACION DE PELIGROS EN LINEAS VITALES</b>	<b>127</b>
4.4.1	EN LAS OBRAS DEL PROYECTO VILAVILANI-TACNA	127
4.4.2	EN LAS VIAS DE ACCESO A TACNA	129
<b>4.5.0</b>	<b>MAPA DE PELIGROS MULTIPLES</b>	<b>129</b>
4.5.1	ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES	129

**CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS  
DE LOS PELIGROS NATURALES 132**

<b>5.1.0</b>	<b>IDENTIFICACION DE AREAS SEGURAS</b>	<b>131</b>
<b>5.2.0</b>	<b>PAUTAS TECNICAS</b>	<b>133</b>
5.2.1	PAUTAS TECNICAS DE HABILITACION URBANA	133
5.2.1.1	PAUTAS TECNICAS DE HABILITACIONES URBANAS EXISTENTES	133
5.2.1.2	PAUTAS TÉCNICAS DE HABILITACIONES URBANAS NUEVAS	135
5.2.2	PAUTAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES	136

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 140**

<b>6.1.0</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>140</b>
<b>6.2.0</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>143</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>144</b>
---------------------	------------

**FIGURAS (4)**

**FOTOS (17 en 10 Páginas)**

**FICHAS TÉCNICAS (10)**

**ILUSTRACIONES (18)**



**ESTUDIO MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA  
(DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y  
COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)**

**RESUMEN EJECUTIVO**

La ciudad de Tacna está ubicada en el extremo Sur del Perú, frontera con Chile, en una región de especiales características geológicas donde el borde continental de Sudamérica muestra una importante inflexión, y paralelamente la cordillera de los Andes sufre también un cambio de rumbo producto de la geodinámica interna del planeta, que condicionan la ocurrencia de fenómenos físicos muy importantes como sismicidad y movimiento de los vientos que a su vez son los agentes condicionantes de las lluvias, otorgándole a la región características climáticas de aridez, conformando el gran desierto de Atacama, de importante extensión en Chile. Esta situación hace que los ríos de la región tengan comportamiento en extremo variable, no exentos de importantes avenidas.

Está determinado que en la región hay silencio sísmico, a pesar de haberse dado el terremoto del 23 de Junio de 2001, cuyo epicentro estuvo frente a las costas de Ocoña, departamento de Arequipa; por lo tanto, se espera la ocurrencia de un sismo de mayor intensidad que el del 2001, por tanto, la población y la infraestructura física debe estar preparada para enfrentarlo.

La ciudad se ha desarrollado en el valle del río Caplina, geomorfológicamente en la parte de su curso correspondiente a la de transición entre el canal de desagüe y su cono de deyección, por ello, con numerosos canales fluviales naturales que han sido rellenados para la ocupación física urbana, lo cual configura problemas geotécnicos en las edificaciones.

En la parte Norte de la ciudad, distrito de Pocollay se ha identificado suelos de buenas características geotécnicas, con amplificación sísmica media a baja, clasificación SUCS SM, arenas limosas correspondientes a cenizas volcánicas, con capacidades portantes mayores a  $3 \text{ kg/cm}^2$ . Características confirmadas con ensayos in situ de Sondajes de Penetración Estándar (SPT).



**ESTUDIO MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA  
(DISTRITOS DE TACNA, GREGORIO ALBARRACIN, POCOLLAY Y  
COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)**

**CAPITULO I      GENERALIDADES**

**1.1.0 EXPOSICION DE MOTIVOS**

Los procesos crecientes de vulnerabilidad que se han desarrollado en América Latina a lo largo de su historia, muestran que la presencia de amenazas de orden natural han provocado desastres siempre en asociación con ellos. Desde las culturas y civilizaciones más antiguas que evolucionaron en la región, hasta las naciones hoy existentes, pasando por sus respectivas etapas de colonización e independencia, se han enfrentado a desastres que no resultan ser absolutamente naturales. La constatación de esta aseveración que antes, y aún para muchos resulta ser todavía una hipótesis, obliga a repensar muchos de los esquemas prefigurados por las instituciones, las universidades, los organismos locales, nacionales e internacionales, en términos de considerar seriamente por qué estos desastres son cada vez menos naturales. La interrelación de los medios físico y social en el tiempo es algo que ya no se pone en duda.

Tanto desde el punto de vista del impacto que las actividades antrópicas ejercen sobre su entorno, como por las consecuencias de los fenómenos naturales sobre las sociedades (especialmente sobre los grupos más vulnerables), el estudio de los factores climáticos (sequías, heladas, inundaciones) y geológicos (sismos, condiciones de suelos, vulcanismo) ha ido despertando cada vez mayor interés para acceder a una mejor explicación del desarrollo de las sociedades humanas, ya que refleja el inestable equilibrio entre la población y el sistema ecológico.

El estudio de los fenómenos climáticos, especialmente los anómalos, se justifica porque en mayor o menor medida condicionan la aparición de crisis de subsistencia, afectando la capacidad productiva rural (con el surgimiento de cíclicas pérdidas de cosechas y el consecuente probable desabastecimiento) y reproductiva de la población (hambrunas, epidemias).

Aunque los factores climáticos por sí mismos no son suficientes para explicar el impacto sobre las sociedades, constituyen una variable importante en el análisis.



Estos riesgos naturales que forman parte de anomalías o variaciones que pueden llegar a afectar grandes extensiones, y sus consecuencias sociales, pueden ser englobados dentro de los denominados desastres naturales, cuya naturaleza y efectos son múltiples tanto desde el punto de vista social, político y económico, como ambiental.

La regionalización de los fenómenos naturales resulta fundamental en este tipo de análisis, por la diversidad de efectos que un mismo evento puede provocar en diferentes ambientes. Es por ello que es conveniente analizar los fenómenos no solamente de los lugares de estudio propiamente dicho, sino también en lugares vecinos.

El terremoto del 23 de Junio del 2001 en Tacna, puso al descubierto la fragilidad de los asentamientos humanos no planificados o realizados sin una adecuada asistencia técnica, despertando el interés de las autoridades involucradas en la defensa civil en identificar los diferentes peligros presentes en una zona que la hacen vulnerable, y no solamente la organización de la población para casos de sismos.

Por estas razones, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) aunando esfuerzos con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), mediante el Proyecto PER 02/51 Ciudades Sostenibles, viene implementando una serie de acciones de prevención de desastres y de planificación del desarrollo urbano mediante la elaboración de estudios a nivel nacional, dentro de ellos el “Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna, (distritos de Tacna, Gregorio Albarracín, Pocollay y Complemento Alto de la Alianza y Ciudad Nueva)”, que motiva el presente documento.

### **1.2.0 OBJETIVO**

EL objetivo del estudio es identificar los peligros para la sostenibilidad física de la ciudad de Tacna incluidos sus distritos metropolitanos, teniendo en cuenta su entorno geográfico y particularmente las características físicas de los suelos, zona donde necesariamente se asienta o tienen que asentarse las diferentes edificaciones existentes o por construir.

### 1.3.0 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La ciudad de Tacna está ubicada en el extremo Suroeste del Perú, en la región Costa, que en esta latitud, tiene especiales características desérticas. Es accesible por la carretera panamericana desde el Norte por la región Costa, y por las carreteras que penetran a las zonas altas desde la región Sierra. Asimismo, es accesible por la carretera panamericana Sur que se une con la chilena, y por Ferrocarril desde Arica - Chile, por el Sur.

### 1.4.0 CARACTERISTICAS CLIMATICAS

La ciudad de Tacna al encontrarse ubicada a 520 msnm de altitud, en la región Costa, tiene un clima muy parecido al resto de la costa peruana: humedad relativa alta durante todo el año y ausencia de lluvias. La estación húmeda la constituye el verano del solsticio Sur, con lluvias en las partes altas de la cuenca, por encima de 2000m.s.n.m..

El Otoño, Invierno y Primavera conforman la estación seca, pues no llueve incluso en las partes altas, teniendo una época de estiaje muy marcada en los meses de Julio y Agosto.

En general en Tacna, durante todo el año amanece nublado, en especial en el otoño e invierno, pero sale el Sol antes del mediodía, de manera tal que la temperatura ambiente en el invierno no es tan baja, con valores promedio del orden de 12°C, y en el verano de 26°C; siendo la humedad relativa del orden de 50%.

En términos prácticos no llueve en la propia ciudad, salvo esporádicas lloviznas de condensación de humedad, llamadas garúas en la Primavera, por lo tanto, su clima es árido. Aún así, históricamente se han reportado algunas avenidas del río Caplina, sin lluvia importante en la ciudad, pero también la presencia de algunas lluvias moderadas en eventos diferentes.

La media histórica anual de precipitación en la ciudad es del orden de 5mm, valor que en la clasificación internacional del módulo pluviométrico anual se considera como desierto. Así, Tacna es parte conformante del gran desierto de Atacama, como cabecera, que se extiende por el Norte chileno, conformando una de las regiones más áridas del mundo, comparable con el gran desierto de Sahara en Africa.

## CAPITULO II INVESTIGACIONES GEONOSTICAS

### 2.1.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES

#### 2.1.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

##### 2.1.1.1 Formación Moquegua superior (T Mo\_s)

La mayor parte de los afloramientos están cubiertos por depósitos cuaternarios recientes de ladera y solo se les puede apreciar en los cortes de carretera de los Cerros: Arunta e Intiorko (Salida de Tacna y carretera a Tarata) de la Ciudad de Tacna. De esta manera, se hace difícil determinar su extensión en Tacna y alrededores.

En el corte de la carretera del Cerro Arunta que sale del Cuartel Tarapacá al Este de la ciudad los afloramientos comprenden una secuencia dominada por un medio deposicional fluvial corto. No obstante esta secuencia presenta una variante en su tope, la sedimentación se torna más gruesa, presentando rasgos litológicos de un ambiente deposicional fluvial más marcado. Los estratos de esta formación tienen una inclinación de 4 grados al Oeste.

La secuencia fluvial corta está formada por capas de arena limosa gris clara y microconglomerados de hasta 1 m. de espesor. Presentan estratificación plana y paralela, e intercalaciones del orden de centímetros de arcillas marrones que en algunos horizontes se presentan como grietas de desecación. En esta secuencia se nota la presencia de contenido de sales y sulfatos como parte de la matriz y en forma de cristales en fracturas y oquedades, formando superficies muy duras en los afloramientos.

El tope de esta secuencia corresponde a una sedimentación más fluvial de depósitos residuales de canal. Los conglomerados en los canales están formados por guijarros subredondeados de rocas ígneas y volcánicas con relleno arenoso que en conjunto dan una coloración gris oscura, los cuales gradan hacia el tope a arenas tufáceas gruesas y microconglomerados de tonalidad rojiza. Este sistema de canales presenta coloraciones rojizas en conjunto, lo que sugiere que estuvo dominado por un intenso período de exposición aérea de los depósitos, causando su oxidación.

##### 2.1.1.2 Formación Huaylillas (T\_Hy)

La mayor exposición de los afloramientos de esta Formación se hallan ubicados en los cortes de las carreteras del Cerro Arunta, Cerro Intiorko y cerros ubicados al Nor-Oeste de la irrigación

Alto Magollo. Igualmente se la puede apreciar en la cascada de la Quebrada Caramolle, ubicada en la parte alta del distrito Ciudad Nueva

Esta Formación se encuentra suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior en discordancia paralela, y consiste básicamente de rocas volcánicas que corresponden a depósitos piroclásticos con cierta diferencia en su color y textura.

Suprayaciendo a la Formación Huaylillas se encuentra una unidad conglomerádica, a manera de una terraza colgada antigua, que se distingue por su definida estructura clástica y color gris oscuro. Recientemente, en 2004 se le ha reportado como Unidad Magollo (A. Flores, 2004)

La Formación Huaylillas, en el corte de la carretera que sale del Cuartel Tarapacá se ha podido notar tres miembros, los cuales se describen de la base hacia el tope:

1. Ignimbritas friables de color crema que varían entre 3 y 15 m. de espesor; contienen abundante pómez y líticos en la base, los cuales gradan a una toba con mayor contenido de matriz de ceniza color rosada salmón. Este paquete presenta una intercalación de una secuencia fluvial de unos 2 m. aproximadamente.
2. Ignimbrita violácea muy compacta de aspecto macizo de 12 a 23 m. de espesor, conformada principalmente por pómez, cuarzo, vidrio y biotitas.
3. Ignimbrita blanca de grano fino con cristales de cuarzo de 2 a 6 m. de potencia.

En la cascada de la Quebrada Caramolle se puede apreciar claramente solo los dos primeros miembros (Foto 01). Se puede notar que el miembro inferior presenta tonalidades blancas que gradan a rosado salmón y se presentan en estado friable; estas ignimbritas presentan una capa de areniscas tufáceas de 30 cm. color marrón oscuro. Así mismo, se aprecia en el tope la ignimbrita violácea muy resistente a la erosión. Aparentemente el tercer miembro, conformado por la ignimbrita blanca de grano fino, ha sido completamente erosionada en este lugar.

### **2.1.1.3 DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

#### **2.1.1.3.1 Unidad conglomerádica (Q Uc)**

Esta unidad se encuentra suprayaciendo a la Formación Huaylillas, a manera de una terraza

colgada antigua, y se le puede distinguir por su tonalidad gris oscura que cubre parcialmente los cerros de la ciudad de Tacna. Tiene un espesor aproximado de 30 m. Se puede notar que de la base al tope existe una disminución del tamaño de grano en general, comenzando con conglomerados y areniscas de grano grueso y fino.

En el corte de la carretera que conduce al Monumento de los Héroes Caídos en el Alto de la Alianza, se puede notar que esta unidad está definida claramente por tres secuencias:

La primera corresponde a secuencias de canales efímeros formada por depósitos residuales de conglomerados que gradan hacia arenas gruesas. El conjunto presenta una secuencia gris clara y tiene un espesor de 4 m. A continuación una segunda secuencia de 12 m. aproximadamente, formada por arenas gruesas de color gris oscuro, con intercalaciones de capas de conglomerados de hasta 20 cm. La tercera secuencia tiene 10 m. aproximadamente y corresponde a un evento de actividad volcánica formada por intercalaciones de 50 cm. de arenas tufáceas de tonalidades verdes con ignimbritas cremas de Lapilli.

#### **2.1.1.3.2 Depósitos de cenizas volcánicas (Q ce)**

Al Nor-Este de la ciudad de Tacna se encuentran grandes depósitos de cenizas volcánicas que ocupan los distritos de Pocollay y Calana. Al parecer estos depósitos conformaban una sola capa que rellenaba el Valle de Tacna antiguamente, la cual fué erosionada parcialmente por el Río Caplina, quedando en la actualidad lomas con formas de grandes lenguas a lo largo del valle. Tienen una tonalidad rosada (Foto 02) y contienen abundante pómez y fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesíticas.

En los distritos de Alto de Alianza y Ciudad Nueva los depósitos de ceniza volcánica afloran parcialmente y se encuentran debajo de los depósitos aluviales (Foto 03) e interdigitada con los depósitos deluviales de la ladera del Cerro Intiorko, extendiéndose hasta C.P.M. La Esperanza.

#### **2.1.1.3.3 Depósitos aluviales (Q al)**

Los depósitos aluviales en el valle de Tacna, están cubriendo las quebradas Caramolle, El Diablo, Malos Nombres y Viñani. Están compuestos por horizontes de arenas con limos marrón claro (Foto 03) más o menos compactadas. Los depósitos aluviales en la Quebrada Caramolle, presentan además capas de 20 cm. de flujos de barro con clastos de ignimbritas (Foto 04). En



este tipo de depósitos se halla asentado el Cono Norte, distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, donde se encuentran la Urb. La Florida, el Centro Comercial La Rotonda, el Mercado Grau y el Terminal Terrestre. En el Cono Norte cuentan con un espesor aproximado de 3 m. (Foto 05), los cuales están cubriendo el depósito de cenizas volcánicas.

Estos depósitos aluviales por sectores en el Cono Norte presentan contenido de sales y sulfatos, las cuales se encuentran aglutinando las arenas en terrones y formando lentes de 30 - 50 cm. muy compactos y competentes (en estado seco) conocidos como "caliche" (Foto 06).

#### **2.1.1.3.4 Depósitos fluviales (Q fl)**

Dentro de los depósitos cuaternarios se consideran depósitos fluviales a aquellos formados por las corrientes de los ríos. Se ubican a lo largo del Valle del Río Caplina, el cual ha definido claramente depósitos de canal y depósitos de llanura de inundación.

Los depósitos fluviales de canal (Q fl\_c) son aquellos que definen el curso de los ríos, están conformados principalmente de gravas y guijarros con relleno arenoso. Con la ayuda de fotografías aéreas y excavación de calicatas se pudo definir su extensión. Se pudo notar que su mayor desarrollo se extiende a lo largo del distrito Gregorio Albarracín (Cono Sur), donde parte de ellos, son explotados como agregados para construcción. En el distrito de Tacna estos depósitos ocupan parte del cauce antiguo de la Quebrada Caramolle, donde en la actualidad se encuentra la Av. Leguía.

Los depósitos de llanura de inundación (Q fl\_l) se forman en períodos de crecida de los ríos, los cuales desbordan el canal, inundando sus márgenes a grandes distancias y depositando sedimentos finos que lleva en suspensión en grandes playas. Los sedimentos están formados por limos y arcillas cremas. Gran parte del Distrito de Tacna se halla asentado en este tipo de depósitos, alcanzando en algunos lugares espesores mayores de 2 m. (Foto 07). En la actualidad parte de ellos son ocupados por terrenos de cultivo, tanto en el C.P.M. La Natividad como en el distrito de Tacna.

#### **2.1.1.3.5 Depósitos deluviales (Q de)**

Estos depósitos se forman por la erosión de suelos, gravedad y viento, y comprenden capas de suelo fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de ignimbritas

soldadas violáceas de la Formación Huaylillas, que se depositan y cubren las laderas de los cerros (Foto 08). Estos suelos pueden alcanzar hasta 2 m. de espesor y en algunos casos están descansando sobre una secuencia residual de areniscas grises de la Formación Moquegua.

Su mayor extensión se ubica en las laderas del Cerro Intiorko a lo largo de los Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Estos suelos presentan tonalidades rosadas y marrón claras y tienen alto contenido de sales y sulfatos.

#### **2.1.1.3.6 Depósitos antropogénicos (Q an)**

Dentro de este tipo de depósitos están incluidos aquellos generados por el hombre y están formados por desmorte (Q an\_d) y basurales (Q an\_b). Se encuentran repartidos mayormente en el Cono Norte, Cono Sur y el distrito de Pocollay, así como a lo largo de la Quebrada del Diablo.

Los depósitos de desmorte están representados por escombros de viviendas, y canteras abandonadas de ignimbritas de la Formación Huaylillas, mientras que en los depósitos de basura se consideran además los antiguos botaderos municipales.

Los depósitos de desmorte se presentan mayormente con geometrías linguiformes que en algunos casos están rellenoando antiguos cauces, como sucede en el Cono Norte. Sus dimensiones varían de 20 a 100 m. de ancho por 300 hasta 1000 m. de extensión. Sin embargo, en otros casos estos depósitos han sido arrojados en extensos descampados, donde posteriormente han sido nivelados, como se puede apreciar en el Parque Industrial de la ciudad (Foto 09). Se pudo notar que la urbanización La Florida, ubicada a la salida de Tacna, se halla asentada en su totalidad sobre este tipo de depósitos, los cuales han rellenoado parcialmente la Quebrada del Diablo. De igual forma, en el Cerro Intiorko se puede apreciar depósitos de canteras abandonadas de ignimbritas.

Los depósitos de basura se hallan localizados a lo largo de la Quebrada del Diablo, la cual ha servido como Botadero Municipal por mucho tiempo (Foto 10).

### **2.1.2 ASPECTOS ESTRUCTURALES**

En la zona de estudio y alrededores se nota que el drenaje dominante presenta una orientación Nor-Este Sur-Oeste. No obstante, se pudo observar que el curso de las Quebradas Caramolle y del Diablo hacen un cambio brusco de dirección al Nor-Oeste Sur-Este, desembocando en el

Valle de Tacna. Estas nuevas direcciones que adoptan corresponderían a lineamientos estructurales de fallas probables.

## 2.2.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona de estudio se encuentra enmarcada en un contexto geomorfológico que corresponde a las pampas costaneras, las cuales ocupan una extensa depresión entre la Cordillera de la Costa y el frente occidental de los Andes, resultado de la acumulación de sedimentos clásticos del Grupo Moquegua, rocas volcánicas de la Formación Huaylillas y depósitos cuaternarios recientes. Se presenta como un territorio suavemente ondulado inclinado hacia el Sur-Oeste, con una pendiente aproximada de 2% a 4% aproximadamente. Están cubiertas por conos de deyección fluvial y depósitos eólicos.

La Ciudad de Tacna está asentada en el Valle del Río Caplina, a una altura de 550 m.s.n.m, en medio de los Cerros Arunta e Intiorko, que oscilan entre lo 850 y 950 m.s.n.m.de altitud.

La superficie de estos cerros forman grandes llanuras denominadas Planicies del Huaylillas. Están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada - marrón clara. Las faldas de los cerros forman laderas que tienen pendientes que fluctúan entre 40% y 64% y están cubiertas por depósitos deluviales.

En la Quebrada Caramolle se ha podido notar que su último evento aluvial ha cortado y cubierto el depósito de cenizas volcánicas, dejando un canal de hasta 50 m. de ancho, donde se halla asentado parte del distrito de Ciudad Nueva en el Cono Norte (Foto 11). En el punto donde cambia su dirección al Valle, esta quebrada presenta una cascada con un salto de 25 m. aproximadamente.

A lo largo de la Quebrada del Diablo, en el tramo que está por desembocar al Valle de Tacna, se pueden observar dos cascadas escalonadas entre sí y distantes a 1500 m. Ambas tienen un salto de aproximadamente 8 m y han servido de botadero municipal por largo tiempo (Foto 12). Ya en la desembocadura, con la ayuda de fotografías aéreas, se pudo identificar tres eventos de conos aluviales. El primer evento (C\_al3) está casi totalmente erosionado conservándose sólo la parte superior del cono a manera de una pseudo terraza colgada. Sin embargo, el segundo evento aluvial (C\_al2) se ve mejor desarrollado el cual se extiende hasta la altura del Cementerio de Tacna, Terminal Terrestre Manuel A. Odría, CTAR-Tacna y el Colegio Modesto Basadre. Un

tercer cono aluvial más reciente (C\_all) y de menor tamaño se asienta el Centro Comercial La Rotonda y el Mercado Grau (Foto 15).

Los depósitos de ceniza volcánica se extienden a manera de lomas en el valle formando lenguas longitudinales. Estos depósitos presentan un drenaje subparalelo de dirección Nor-Este Sur-Oeste que desemboca en el cauce antiguo de la Quebrada Caramolle. En la actualidad, los cauces antiguos de estos depósitos son depresiones por donde circula un tráfico vehicular regular.

### **2.3.0 CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS**

La ciudad de Tacna geomorfológicamente se encuentra ubicada en el valle del río Caplina, labrado en la gran unidad geomorfológica denominada Pampas Costaneras.

Longitudinalmente en el valle, geomorfológicamente la ciudad de Tacna se encuentra en la parte terminal del canal de desagüe, zona de transición a la parte del delta o desembocadura que se inicia en la zona de Magollo, al SW.

El conjunto de la ciudad se encuentra emplazada en las terrazas fluviales de la llanura de inundación del río Caplina, y en terrazas aluviales antiguas de un curso anterior al actual. Así, la zona del Cono Norte, que comprende los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, se encuentra en las terrazas antiguas citadas, encontrándose por tanto, a mayor altura que el centro de la ciudad.

En este marco geomorfológico, es conocida la existencia de aguas subterráneas en todo el valle, pues son explotadas mediante pozos tubulares profundos desde el Cono Norte, zona del parque industrial, y latitudes correspondientes en el Distrito de Pocollay al NE, zona de Sobraya, a profundidades mayores de 100m.; hasta la línea de playa, en el delta del río Caplina, conocido como Pampas de La Yarada, donde se encuentran a pequeñas profundidades.

En tal sentido, aún cuando está probada la existencia de aguas subterráneas en toda la ciudad, éstas se encuentran a profundidades del orden de 100 m., no constituyendo por tanto problema geotécnico alguno para las edificaciones, pues no tienen ningún contacto con los suelos en la zona utilizable de fundación, y más bien constituyen un importante recurso ante la escasez de agua en la región.

## **2.4.0 SISMICIDAD EN LA CIUDAD DE TACNA**

### **2.4.1 INTRODUCCION**

Para ningún Tacneño es desconocido que esta latitud de América Latina, está identificada por los sismólogos como zona de alta sismicidad, donde los sismos liberan gran cantidad de energía con efectos catastróficos a la vida y el patrimonio de la sociedad; como el ocurrido el 13 de Agosto de 1868 hace 136 años. Los especialistas indican que terremotos de esta naturaleza tienen periodos de recurrencia cada 150 a 270 años (Nishenco); por esta razón la latitud comprendida entre los 15° a 17° Sur, al no haber tenido otro sismo de gran magnitud, está considerada como zona de silencio sísmico. Frente a esta realidad la población Tacneña conformada por un 70 % de foráneos, es reacia a aceptar las normas y recomendaciones técnicas que se difunden para construir sus viviendas, que permitiría mitigar los efectos sísmicos, y prefieren continuar con prácticas ancestrales; lo que se demuestra con la actitud de los pobladores de Alto Alianza y Ciudad Nueva, que después del terremoto ocurrido el 23-06-2003, reconstruyeron sus viviendas en forma empírica.

#### **2.4.1.1 ORIGEN DE LOS SISMOS**

La corteza terrestre se deforma por efecto de los fenómenos dinámicos que ocurren en el interior del planeta, fundamentalmente en el núcleo externo, que se encuentra a altas temperaturas, la que se transmite a la superficie por convección, originando su fragmentación en bloques, llamados comúnmente placas tectónicas. El movimiento relativo entre dos o más placas tectónicas, es la causa de aproximadamente el 87 % de la actividad sísmica a nivel mundial.

La deformación de los materiales rocosos produce distintos tipos de ondas sísmicas. Un deslizamiento súbito a lo largo de una falla, por ejemplo, produce ondas longitudinales de empuje-tiro (P) y transversales de cizalla(S). Los trenes de ondas P, de compresión, establecidos por un empuje (o tiro) en la dirección de propagación de la onda, causan sacudidas de atrás hacia adelante en las formaciones de superficie. Los desplazamientos bruscos de cizalla se mueven a través de los materiales con una velocidad de onda menor al agitarse los planos de arriba a abajo.

Cuando las ondas P y S encuentran un medio de características físicas diferentes, como la discontinuidad de Mohorovicic (Moho) que yace entre la corteza y el manto de la Tierra, se



reflejan, refractan y transmiten en parte y se dividen en algunos otros tipos de ondas que atraviesan la Tierra. Los intervalos de propagación dependen de los cambios en las velocidades de compresión P y de onda S al atravesar materiales con distintas propiedades elásticas. Las rocas graníticas corticales muestran velocidades típicas de onda P de 6 km/s, mientras que las rocas subyacentes máficas y ultramáficas (rocas oscuras con contenidos crecientes de magnesio y hierro) presentan velocidades de 7 y 8 km/s respectivamente.

Además de las ondas P y S ondas de volumen o cuerpo, hay dos ondas de superficie, ondas Love, llamadas así por el geofísico británico Augustus E. H. Love, que producen movimientos horizontales del suelo y las ondas Rayleigh, por el físico británico John Rayleigh, que producen movimientos verticales y son conocidas como ondas R. Estas ondas viajan a gran velocidad y su propagación se produce sobre la superficie de la Tierra.

Las ondas sísmicas longitudinales, transversales y superficiales provocan vibraciones allí donde alcanzan la superficie terrestre.

La investigación sismológica básica se concentra en la mejor comprensión del origen y propagación de los terremotos y de la estructura interna de la Tierra. Según la teoría elástica del rebote, la tensión acumulada durante muchos años se libera de manera brusca en forma de vibraciones sísmicas intensas por movimientos de las fallas.

Los temblores fuertes pueden, en segundos, reducir a escombros las estructuras de los edificios; por esto los geólogos e ingenieros consideran diversos factores relacionados con los sismos en el diseño de las construcciones, porque los diques, las plantas de energía nuclear, los depósitos de almacenamiento de basuras, las carreteras, los silos de misiles, los edificios y otras estructuras construidas en regiones sismogénicas, deben ser capaces de soportar movimientos del terreno con máximos estipulados.

Los sismólogos han diseñado dos escalas de medida para poder describir de forma cuantitativa los terremotos.

Una es la escala de Richter nombre del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter que mide la energía liberada en el foco de un sismo. Es una escala logarítmica con valores entre 1 y 9; un temblor de magnitud 7 es diez veces más fuerte que uno de magnitud 6, cien veces

más que otro de magnitud 5, mil veces más que uno de magnitud 4 y de este modo en casos análogos. Se estima que al año se producen en el mundo unos 800 terremotos con magnitudes entre 5 y 6, unos 50.000 con magnitudes entre 3 y 4, y sólo 1 con magnitud entre 8 y 9. En teoría, la escala de Richter no tiene cota máxima, pero hasta 1979 se creía que el sismo más poderoso posible tendría magnitud 8,5. Sin embargo, desde entonces, los progresos en las técnicas de medidas sísmicas han permitido a los sismólogos redefinir la escala; hoy se considera 9,5 el límite práctico.

La otra escala, introducida al comienzo del siglo XX por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, mide la intensidad de un temblor con gradaciones entre I y XII. Puesto que los efectos sísmicos de superficie disminuyen con la distancia desde el foco, la medida Mercalli depende de la posición del sismógrafo o de la observación. Una intensidad I se define como la de un suceso percibido por pocos, mientras que se asigna una intensidad XII a los eventos catastróficos que provocan destrucción total. Los temblores con intensidades entre II y III son casi equivalentes a los de magnitud entre 3 y 4 en la escala de Richter, mientras que los niveles XI y XII en la escala de Mercalli se pueden asociar a las magnitudes 8 y 9 en la escala de Richter.

Para el caso del Perú, las placas que interactúan son las de Nazca con la Continental, que se desplazan con sentidos opuestos a través del plano de Wadati Benioff. En el sur del Perú la placa oceánica de Nazca se está hundiendo debajo de la placa continental con una inclinación o buzamiento de 30° hacia el continente, alcanzando profundidades hasta de 300 Km. Este proceso es conocido como de subducción. La placa de Nazca se desliza por debajo de la placa continental de América del Sur, a una velocidad aproximada de 8 a 10 cm/año (Minster y Jordan, 1978). Este proceso genera aproximadamente el 90% de los sismos que se registran en el Sur del Perú. A este tipo de sismos también se les conoce como sismos intraplacas, ya que ocurren en el límite entre placas.

La segunda zona sismogénica está relacionada con los reajustes corticales, donde los esfuerzos son de carácter tensional. Estos eventos ocurren a lo largo de fallas activas (ruptura de las rocas de la corteza terrestre) y tienen periodos de recurrencia cada mil años (L. Ocola: Deformación de la corteza terrestre en el Sur del Perú). Para el caso de Tacna se tienen dos fallas activas: la Falla Incapuquio (S-N) y la falla Chulibaya en el Valle de Locumba. Los epicentros de las réplicas del terremoto ocurrido el 23-06 01, han coincidido con la falla regional Incapuquio, demostrando así su plena vigencia tectónica.

La tercera zona sismogénica está relacionado con la actividad Volcánica, que afecta directamente a los pueblos de Candarave y Tarata, por su proximidad a volcanes.

El sismo del 23 junio de 2001 y sus réplicas son ejemplos claros de los dos primeros tipos de sismos a los que está mayormente expuesta la población de la ciudad de Tacna. El primero es de subducción que da lugar a los sismos más drásticos, y el segundo por la activación del sistema de fallas geológicas locales y regionales.

## **2.4.2 SISMICIDAD HISTÓRICA**

Analizando la secuencia de los sismos ocurridos de Norte a Sur, con una frecuencia de 6 a 10 años y considerando un período de retorno para uno como el de 1868 (150 a 250 años), prácticamente este sector de América se encuentra ad portas de un mega sismo, que tendría una magnitud superior al sismo del 23 06 2001

### **2.4.2.1 TERREMOTO DEL 13 DE AGOSTO DE 1868**

Durante este terremoto según testigos (Toribio Polo, 1904), la tierra crujía, se abrían grietas y ondulaba, siendo difícil permanecer en pie. El Dr. Toribio Polo se refiere a este terremoto como uno de los mayores que se hayan verificado en el Perú desde su conquista. Siguió a este terremoto (17:30 horas) un tsunami con olas de 12 y 16 metros que arrasó completamente los puertos de la costa tanto al Sur de Perú como al Norte de Chile. Las intensidades calculadas por los especialistas le asignan una magnitud de  $M = 8 \frac{1}{2}$   $M_I = 9$   $M_W = 9$  e intensidades de VI a IX en la escala Modificada de Mercalli. Como muestra la fig. 1

### **2.4.2.2 TERREMOTO DEL 9 DE MAYO DE 1877**

El último terremoto que afectó las zonas costeras Sur de Perú y Norte de Chile ocurrió el 9 de Mayo de 1877, con una magnitud 8.5 Richter y la extensión de ruptura fue de 500 Km aproximadamente desde Tacna hasta el Norte de Antofagasta. A la fecha (2004) han transcurrido 127 años, considerando la velocidad de movimiento de 8 a 10 cm/año (Minster y Jordan, 1978), se espera un desplazamiento de 10 metros

### **2.4.2.3 TERREMOTO DEL 30 DE MAYO DE 1970**

Ocurrió aproximadamente a las 13.24 horas, con epicentro en Chimbote y efectos dramáticos en los pueblos de la Costa y Callejón de Huaylas, por el desprendimiento de una parte del nevado del Huascarán, cuyo lodo sepultó al pueblo de Yungay con sus veinte mil habitantes.

#### **2.4.2.4 TERREMOTO DEL 12 NOVIEMBRE DE 1996 (Informe del IGP)**

Ocurrió con una magnitud 7.7Mw, produciendo una ruptura de 120 Km (Tavera 1998) que afectó principalmente a la localidad de Nasca, Departamento de Ica. Con epicentro localizado por el Instituto Geofísico del Perú a 135 km al Sur-Oeste de la localidad de Nazca, fue seguido por 150 replicas durante las primeras 24 horas causando alarma en las localidades de Nazca, Palpa, Ica, Acarí y Yauca, las mismas que soportaron intensidades máximas de VII (MM) durante el terremoto principal.

El Sistema de Defensa Civil (INDECI) reportó 17 personas muertas, 1500 heridos y 100,000 damnificados. En cuanto a infraestructura más de 5,000 viviendas fueron destruidas, 12,000 afectadas. El costo económico de pérdidas fue del orden de 42 millones de dólares.

#### **2.4.2.5 TERREMOTO DEL 23 JUNIO 2001**

Este sismo ocurrió el 23 – 06 – 01 a las 15 horas 36 minutos, con una magnitud de Mw 8.2 e intensidad de VII a VIII en la ciudad de Tacna. El epicentro fue ubicado entre las coordenadas de 16.08° S, 73.77° W; esto es a 82 km al NW de la localidad de Ocoña, departamento de Arequipa. Las réplicas más fuertes fueron ubicadas frente a Camaná, Mollendo (6.3 Ms) y Punta de Bombón, como muestra las isosistas de la figura fig. 2

El sismo se inició con un ruido suave y movimiento lento, después de 10 segundos la energía eléctrica se cortó, instante en que se incremento el ruido y el movimiento, es cuando la mayoría de la gente corre a las calles desesperadamente, a los 18 segundos aproximadamente aumentó el movimiento y el ruido fue ensordecedor. Después de 35 a 40 segundos de iniciado el movimiento, se experimentó el movimiento más fuerte, y es cuando las paredes de los edificios se movían a manera de un péndulo invertido cual amenazante para venirse encima de la población atemorizada. Los que se encontraban viajando dentro de los buses urbanos no se explicaban porqué la gente corría a las calles, también observaron como el piloto del bus no podía controlar al vehículo, de que era un sismo y fueron presa del pánico, abandonando el vehículo y correr hacia sus casas.

La tierra tembló por espacio de 100 a 120 segundos y fue un tiempo de toda una eternidad, durante ese instante el comportamiento humano fue de diferentes maneras, el patrón general fue ganar las calles, para así ponerse a salvo en las zonas de seguridad.

En la estación sísmica de la UNJBG se registró alrededor de 800 sismos hasta el mes de Julio, de los cuales por lo menos unos 100 fueron sentidos por la población, con intensidades menores de IV MM.

Los daños causados fueron en las regiones de:

AREQUIPA: 35 muertos, 64 desaparecidos, 1993 heridos y 83721 damnificados.

MOQUEGUA: 22 muertos, 277 heridos, 57467 damnificados 4062 viviendas afectadas y 2738 destruidas

TACNA: 14 muertos, 363 heridos y 74767 damnificados  
Viviendas afectadas 15507 y destruidas 6976.

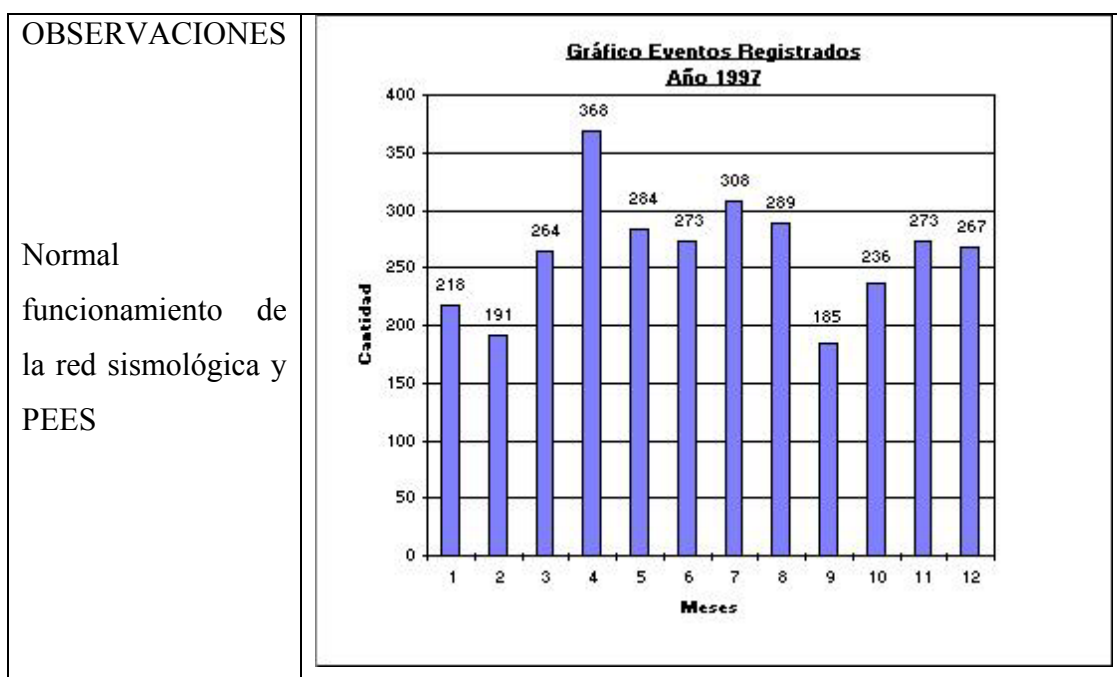
AYACUCHO 3 Muertos, 56 heridos y 2198 damnificados.  
Viviendas afectadas 1270 y destruidas 371

(Información obtenida del informe del sismo 21 06 2001 FUENTE: INDECI-IGP)

#### 2.4.2.6 EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN ARICA

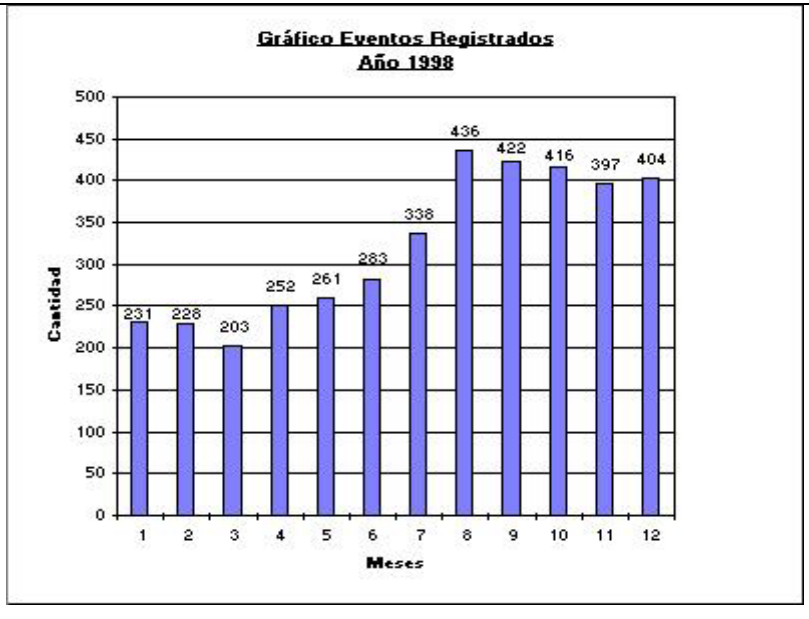
Teniendo en cuenta la proximidad de la ciudad de Arica en Chile, y que geológica y geomorfológicamente está emplazada en una región similar a la de Tacna, se ha tomado en cuenta su monitoreo sísmico.

#### INFORMACION DE LA UNIVERSIDAD DE TARAPACA DE ARICA



OBSERVACIONES

En Junio de 1998 se amplía la red a 13 estaciones remotas



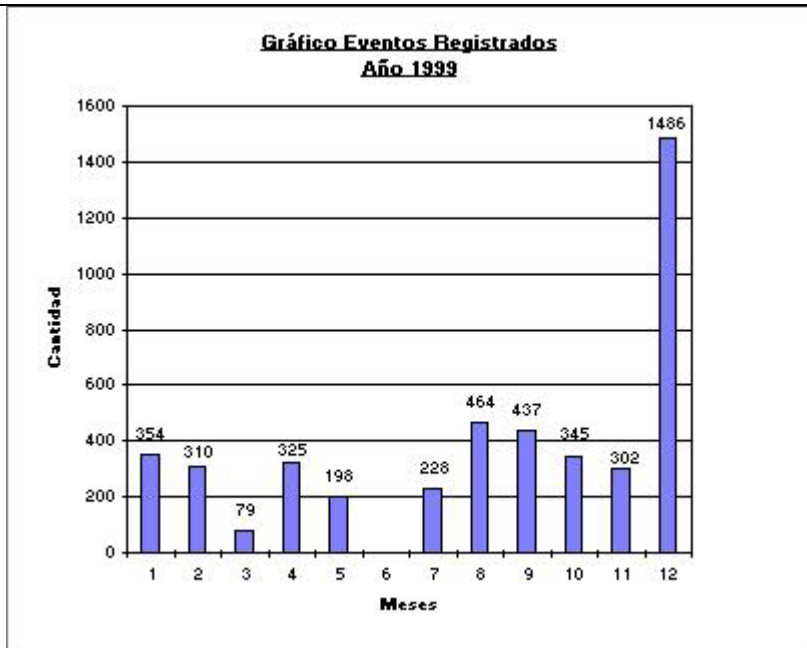
OBSERVACIONES

En Marzo de 1999 se pierden datos debido a un paro universitario.

En Junio se produce una falla general en el PC del Sistema de Vigilancia, perdiendo todos los datos.

En Octubre es mejorado el Sistema de Vigilancia, incorporando el actual programa de adquisición de datos.

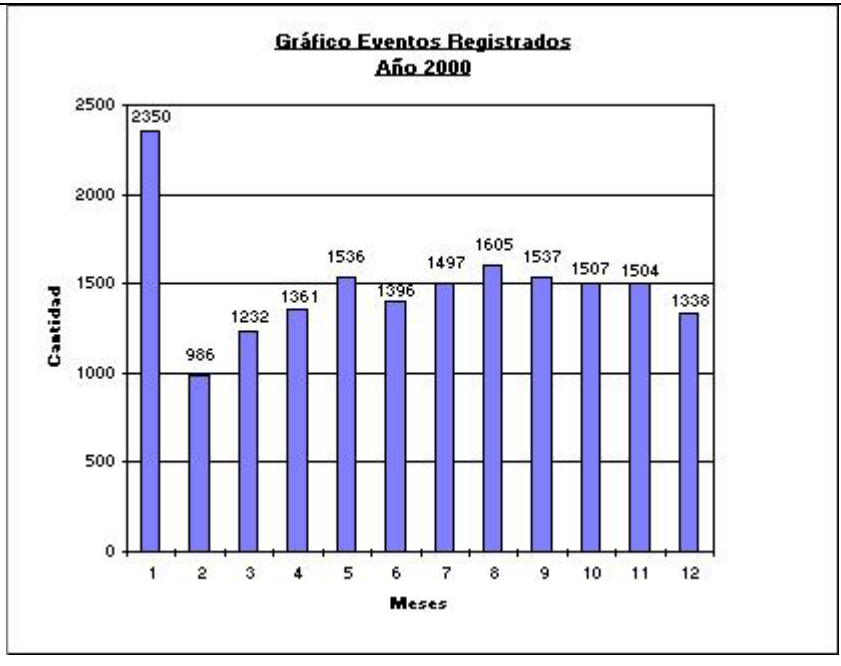
En Diciembre se produce un aumento de la sismicidad en la zona de Iquique, a más de 1000 Km al Sur de Arica.



**OBSERVACIONES**

En Enero del 2000 continua el aumento de la sismicidad en la zona de Iquique.

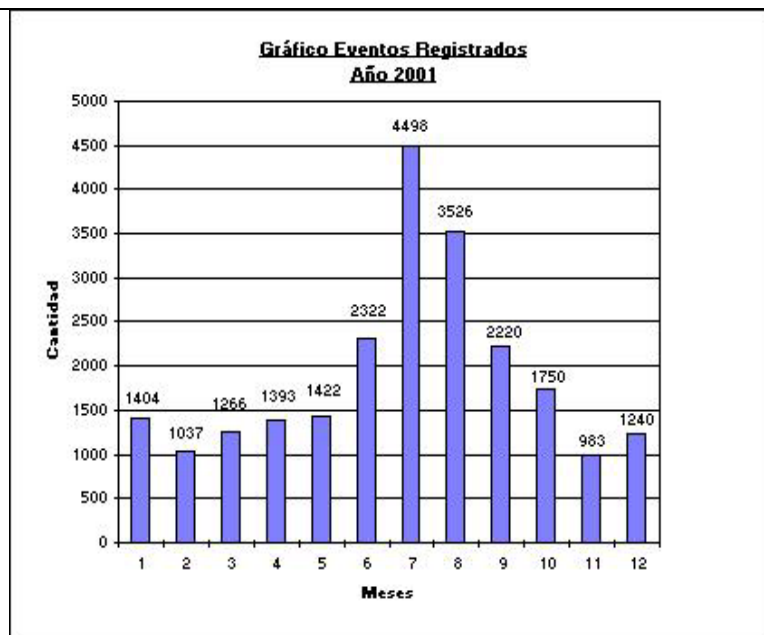
Con el nuevo programa de adquisición de datos se logra detectar mayor cantidad de microsismos en toda la cobertura de la red



**OBSERVACIONES**

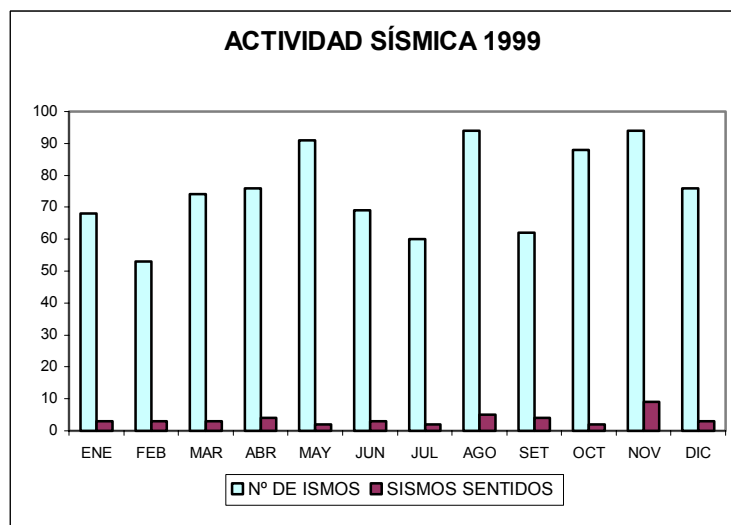
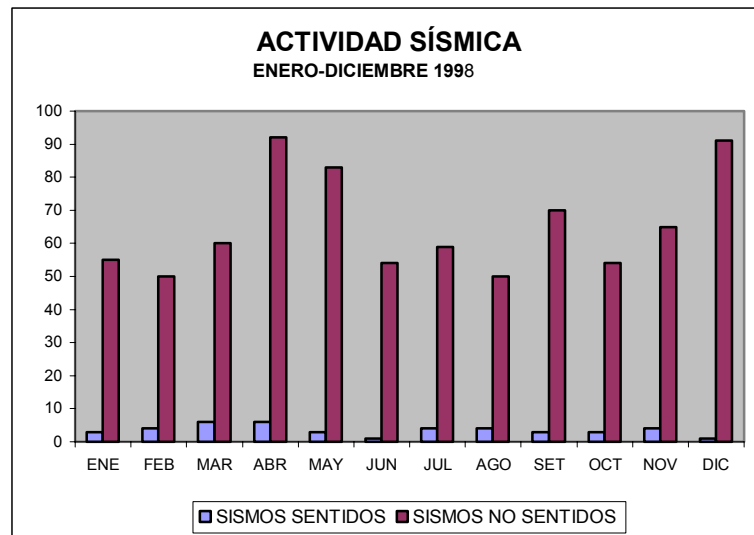
En Junio del 2001 se produce un aumento de la sismicidad, debido al terremoto del día 23 en Arequipa (Perú).

En Julio se produce el mayor aumento de la sismicidad, debido a las réplicas del terremoto de Perú y otro localizado en la zona de Mamiña (al interior de Iquique) el día 24. En Agosto se mantiene esta alza de la sismicidad, debido a las replicas del terremoto del 24 de Julio. Estas se localizan en la zona de Chiapa (al interior de Iquique)



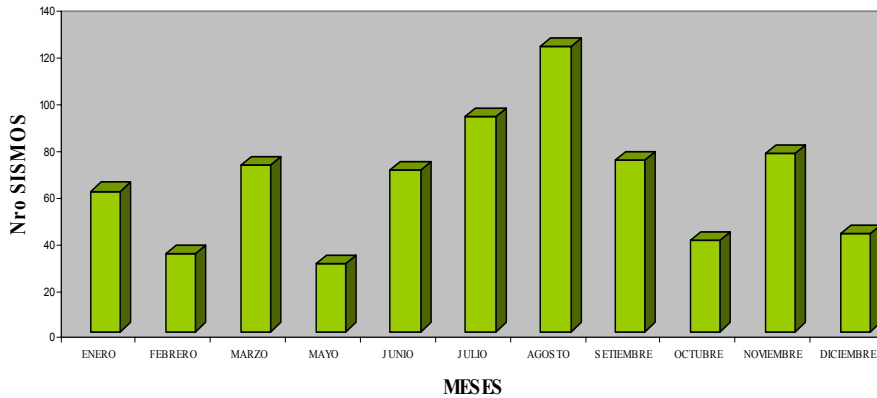
Analizando esta estadística sísmica de la red sísmica de Arica controlada por la Universidad de Tarapacá entre los años de 1997 al 2001, se observa que el promedio de sismos anual a venido incrementándose progresivamente hasta el año 2001 que ocurrió el terremoto.

Mientras la estación sísmica de la UNJBG de Tacna, tiene un promedio de 70 a 150 sismos por mes como muestran los gráficos. Los registros sísmicos del año 2002 y los primeros meses del año 2003, reportan una sismicidad incluso por mes sin sismos, debido a que el terremoto liberó toda la energía en proceso de acumulación y estas tensiones se relajaron. Ha pasado un año para después nuevamente Tacna recupere su actividad sísmica normal que son 5 a 7 sismos instrumentales diarios y 5 a 7 sismos sentidos por la población al mes.

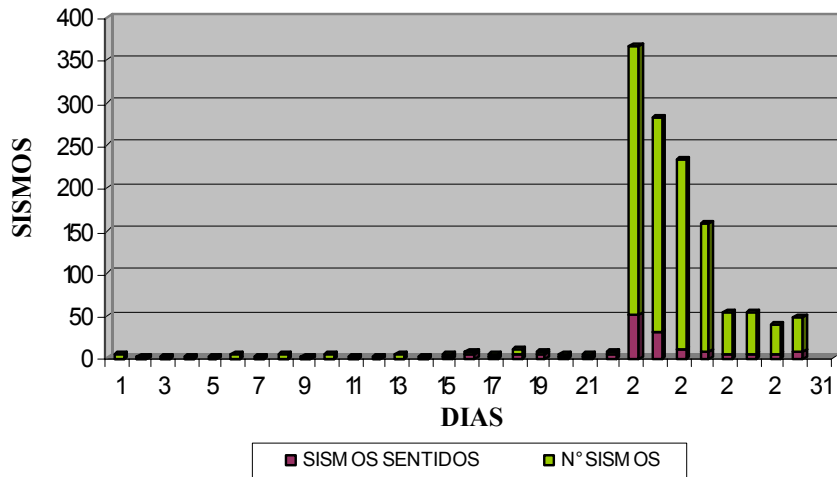




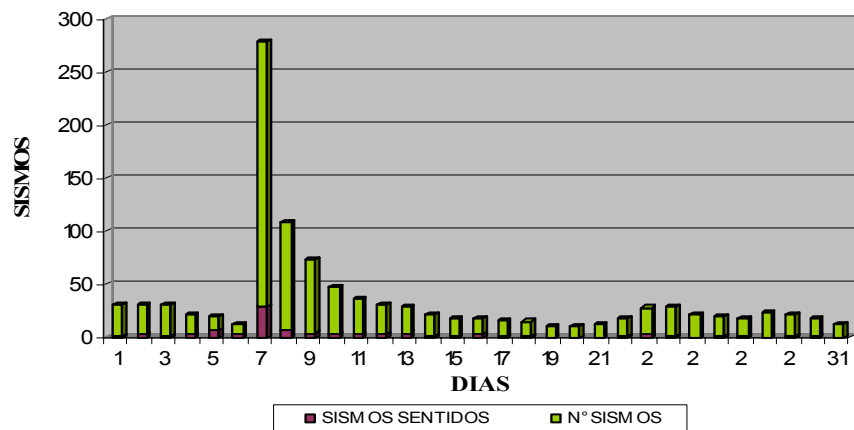
SISMOS REGISTRADOS EN EL AÑO 2000



**SISMOS MES DE JUNIO**



**SISMOS MES DE JULIO**



2.4.3 CARACTERÍSTICAS SISMOTECTÓNICAS DE TACNA

La actividad sísmica que el Instituto de Investigación Sísmica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann viene monitoreando en el Sur del Perú, indica que el 90 % de los sismos tienen distancias epicentrales a más de 150 kilómetros de la ciudad de Tacna, con hipocentros ubicados mayormente en el fondo marino, con profundidades hipocentrales en su generalidad menor de 50 kilómetros.

Los sismos continentales están relacionados con el sistema de fallamiento regional de Challaviento, Incapuquio y de Calientes, este último recientemente estudiado por Thierry Sempere del IRD Francia. Además de los indicados existen otros sismos de menor tamaño, con distribución epicentral que no guarda ningún alineamiento simétrico con las referidas estructuras.

El estudio de Riesgo Sísmico de Tacna efectuado por Jorge Alva Hurtado 1986, en el capítulo de Neotectonismo indica la existencia de una falla activa denominada Chulibaya, ubicada cerca del pueblo de Curibaya, zona en la cual aún no se ha registrado ningún epicentro en los últimos años. Además brigadas de geólogos de la UNJBG que salieron en su reconocimiento, no tuvieron éxito en su búsqueda.

La tercera fuente sísmica de Tacna, está relacionada a la actividad de los volcanes Tutupaca y Yucamani, influenciando en la geodinámica externa de Candarave, que constituye riesgo para esas poblaciones, más no tienen repercusión en la población de Tacna.

En el Estudio de **Zonificación Sísmica del Perú** realizado por Casaverde y Vargas (1980), identifican a Tacna como zona F4 que relacionan las profundidades hipocentrales menores de 70 Km para la parte litoral, penetrando al continente como zona F5 donde las profundidades hipocentrales superan 70 Km.

En 1997 el Ministerio de transportes y comunicaciones, ha publicado el mapa de ZONAS SISMICAS DEL PERU según la norma peruana E 030, 1997.

#### **2.4.4 FRECUENCIA SISMICA DE TACNA**

El año de 1984 la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, instaló una estación

sísmica analógica de componente vertical y periodo corto, cuyo monitoreo se inició el mismo año.

La información analizada de los cuatro últimos años, ha permitido determinar que la frecuencia sísmica para Tacna es de 3 a 5 sismos instrumentales diarios y de 3 a 5 sismos sentidos durante el mes; las intensidades determinadas en su generalidad son menores de III grados en la escala modificada de Mercalli, con distancias epicentrales superiores a 150 Km de la estación sísmica, que está ubicada en el Campus Universitario de la UNJBG. Las figuras 6 y 7, muestran la estadística sísmica de 1997 al 2000.

Después del terremoto y una vez que la tierra nuevamente recuperó su estabilidad en la zona de fractura, la actividad sísmica descendió a cero en algunos meses; fenómeno debido a que el terremoto actuó como liberador de la energía que venía acumulándose, dando paso a un período de calma en el cual se inicia nuevamente el proceso de acumulación de energía.

#### **2.4.5 ESTUDIOS DE MICROTREPIDACIONES Y MAXIMAS ACELERACIONES**

En Abril de 1989 el Ing. Jorge Meneses Loja y los Bachilleres Juan Carlos ToKeshi y José Martinez Del Rosario todos del CISMID, realizaron una campaña de 51 mediciones de micro temores en toda la ciudad de Tacna, con la finalidad de determinar las propiedades dinámicas del suelo.

Los resultados del estudio son que en la ciudad de Tacna priman los períodos cortos entre 0.1 y 0.3 segundos propias de suelos firmes y rígidos; resultados algo concordantes con los efectos del sismo ocurrido el 23 – 06 – 01, fundamentalmente en la zona céntrica de la ciudad, donde los edificios de material noble no sufrieron mayores daños.

Períodos largos fueron registrados fundamentalmente entre la Avenida Circunvalación y los distritos de Alto Alianza y Ciudad Nueva, que se asocian a suelos menos firmes y rígidos.

#### **2.4.6 ANALISIS TECNICO DEL SISMO 23 JUNIO 2001**

EL sismo con epicentro en Ocoña, se originó en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, que se mueve con una velocidad relativa estimada entre 8 a 10 cm/año (Minster y Jordan, 1978). Este borde está considerado como uno de las más móviles de la Tierra

El análisis de los registros de ancha banda del Instituto Geofísico del Perú, ha permitido identificar hasta tres eventos sísmicos continuados, el primero duró 06 seg, con epicentro ubicado a 35 Km de Ocoña, el segundo sismo ocurrió a los 39 segundos siendo ubicado a 15 Km al SE del primero y el tercero fué ubicado a 100 Km al Sur del primero, frente a Camaná, de esta manera el tiempo total del sismo fué de 90 a 100 segundos (reporte del IGP).

Los sismogramas obtenidos en el Instituto de Investigación Sísmica de la Universidad, se encontraban muy saturados durante los dos primeros días, siendo la frecuencia sísmica de 2 por minuto durante la primera hora, disminuyendo progresivamente a 30 por hora, para en el segundo día, ser de 20 sismos en las 24 horas; logrando recuperar su frecuencia sísmica normal a fines del mes de Julio como muestran los gráficos estadísticos.

El terremoto del 23 de Junio 2001, causó mucha alarma y desesperación en la población Tacneña. Los daños severos fueron en las viviendas ubicadas en los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza. En el CP La Natividad pese a que sus construcciones en su gran mayoría son de adobe, no han sufrido mayores daños, debido que su suelo es de mejores características.

En el centro de la ciudad las viviendas de adobe quedaron seriamente dañadas, mientras que las de material noble no sufrieron daños de consideración, excepto algunas fisuras sin mayor repercusión; por esta razón parece que las construcciones en Tacna soportarían otros eventos similares.

En el sector del C.P.M. A. B. Leguía Para Chico no se encontraron daños importantes y si fisuras en algunas edificaciones, menores que en el centro de la ciudad de Tacna.

En el sector de Gregorio Albarracín o Cono Sur, los efectos fueron similares al ocurrido en el CPM de A. B. Leguía.

Las intensidades determinadas en la ciudad de Tacna fueron de VI a VII grados MM en el Cono Sur y el centro de la ciudad de Tacna, mientras que en Ciudad Nueva y Alto de la Alianza fueron de VII a VIII grados como muestra el mapa de isosistas elaborado por el IGP.

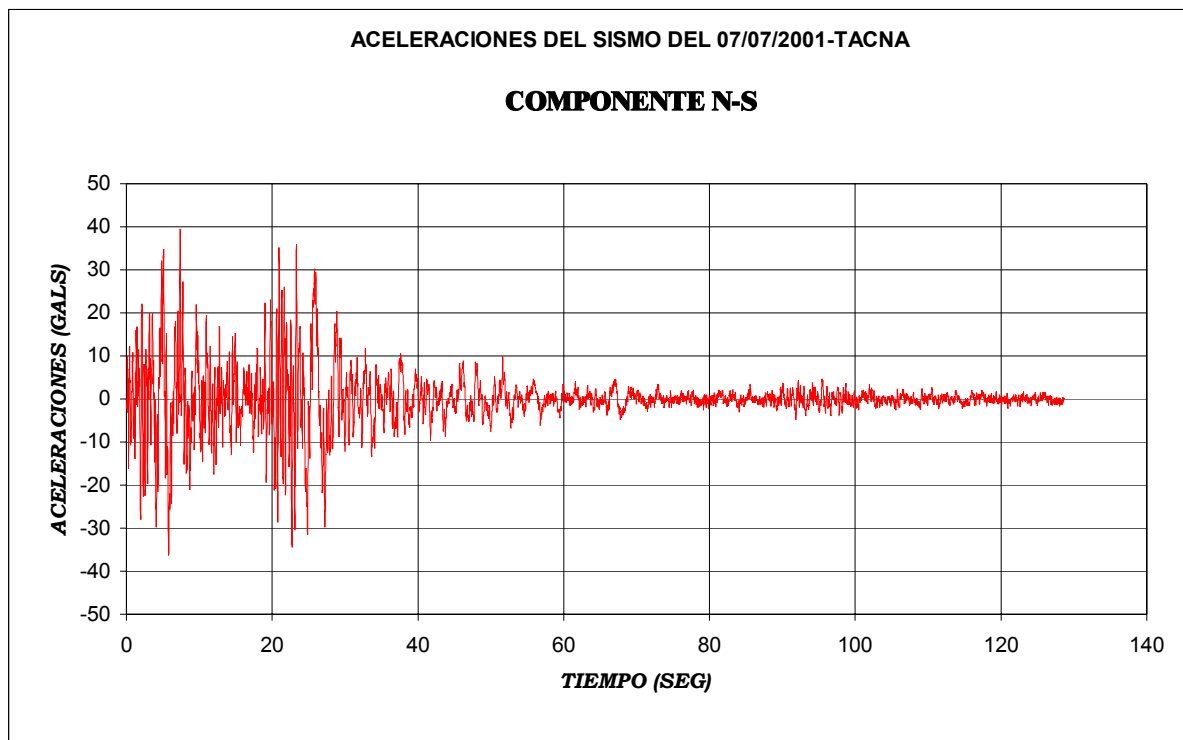
En el cuadro siguiente presentamos los daños a las personas y viviendas causados por el sismo.

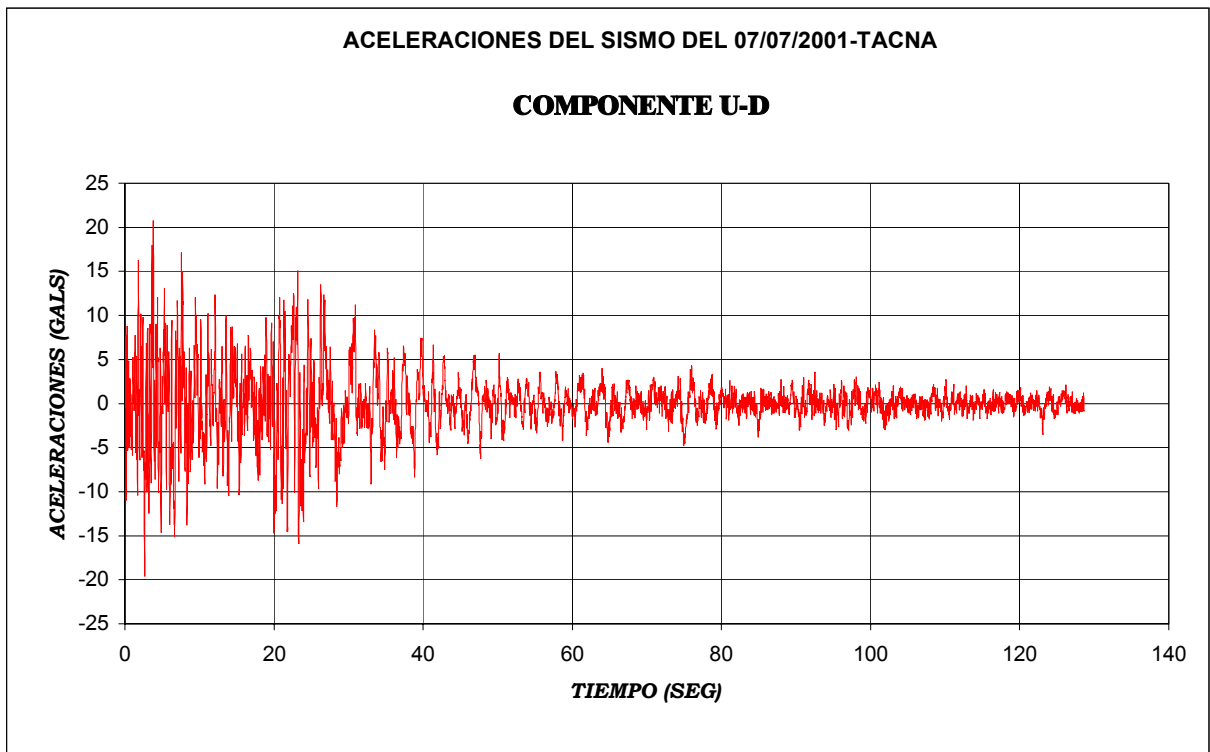
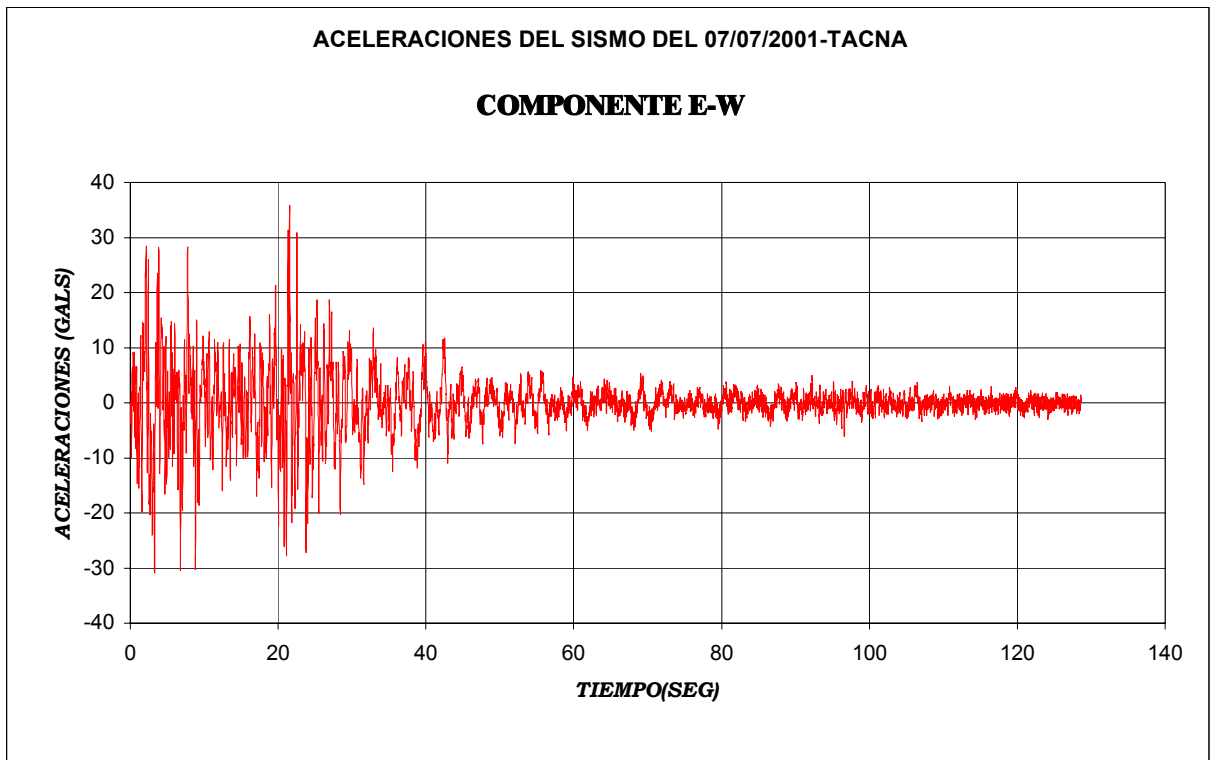
PROVINCIAS AFECTADAS	POBLACIÓN			VIVIENDAS	
	DAMNIFIC.	HERIDOS	FALLECIDOS	AFECTADAS	DESTRUIDAS
TACNA	58,135	252	10	14,404	3,772
CANDARAVE	8,703	28	3	220	1,874
TARATA	2,445	15	0	453	441
JORGE BASADRE	5,484	68	1	430	889
<b>TOTAL</b>	<b>74,767</b>	<b>363</b>	<b>14</b>	<b>15,507</b>	<b>6,976</b>

Fuente: INDECI

### 2.4.7 ACELERACIONES DEL SISMO

El acelerógrafo del CISMID que viene operando en la UNJBG, registró las aceleraciones del sismo ocurrido el 7 de Julio (réplica del 23 06 01), cuya máxima alcanzada fué de 0.38g en la componente N-S, como muestra la ilustración del registro.





FUENTE: MAPA DE PELIGROS DE TACNA (INDECI/UNJBG)

## **2.5.0 GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO**

### **2.5.1 EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS**

El Programa de exploración de suelos se ha desarrollado en base a 75 puntos de investigación de suelos mediante la apertura de “calicatas” que se han ubicado estratégicamente tomando en cuenta la información geológica local del área de estudio en aquellas zonas en donde sea posible extrapolar información y extenderla a toda el área de interés y en aquellas zonas de probable expansión urbana, en cada uno de los distritos de Tacna, Ciudad Nueva, Alto de Alianza, Pocollay y Gregorio Albarracín. La ubicación de los 75 puntos de investigación en base a “calicatas” realizadas para el presente Estudio se presenta en la Lámina N° 06.

La exploración de suelos no sólo se ha limitado a puntos específicos en donde se haya tenido una “calicata” sino también, se ha extendido a toda el área de estudio, mediante el uso de cartas urbanas debidamente corregidas en campo y gabinete tomando como puntos BM válidos para el presente estudio, que en la fecha de elaboración de los trabajos de campo se encontraban visibles y que han permitido identificar por medio de una auscultación visual y manual el tipo de suelo y por consecuencia, han permitido extender aún más la información geotécnica colectada.

El análisis de la información colectada y las diversas investigaciones de campo efectuadas han permitido extender la información requerida; con lo cual el área total de los distritos Tacna, Ciudad Nueva, Alto de Alianza, Pocollay y Gregorio Albarracín ha podido ser cubierta mediante la interpolación de la información principal.

En las “calicatas” aperturadas, se ha efectuado la toma de muestras de los estratos que conforman el subsuelo. En los casos que los suelos sean de estructura básicamente granular, se ha extraído muestras alteradas y para el caso de suelos con estructura fina se ha extraído muestras del mismo tipo.

### **2.5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**

Los resultados obtenidos de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos a las muestras extraídas durante el desarrollo del presente Estudio se presentan en el ANEXO N° 02, en

donde también se ha incluido la descripción del Perfil estratigráfico (Récord de excavación) para cada una de las “calicatas” aperturadas.

Los parámetros físicos, mecánicos, de resistencia y deformabilidad del suelo de cimentación que se presentan en el ANEXO N° 02 y son resumidos en el CUADRO N° G-01, son los siguientes:

ENSAYOS DE CAMPO O INSITU	NORMAS	
- Densidad natural húmeda y seca.	ASTM D1556	NTP 339.143
- Ensayo de Penetración Estandar (SPT)	ASTM D1586	
ENSAYOS EN LABORATORIO	NORMAS	
- Humedad natural.	ASTM D2216	NTP 339.127
- Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422	NTP 339.128
- Límites de Atterberg	ASTM D4318	NTP 33.129
- Densidad mínima.	ASTM D4254	NTP 339.138
- Densidad máxima	ASTM D1557	NTP 339.141
- Corte Directo Residual	ASTM D3080	NTP
- Consolidación Unidimensional	ASTM D2435	NTP 339.154
- Colapso Unidimensional	ASTM D5333	NTP339.163
- Contenido de sales y sulfatos.	USBR E-8	NTP 339.152

A partir de los ensayos antes mencionados se ha podido determinar si se trata de un suelo cohesivo o granular y además obtener valores relacionados a su estado de compacidad, consistencia y compresibilidad tales como: Consistencia relativa, Índice de liquidez, Coeficiente de Uniformidad, Coeficiente de Curvatura, Coeficiente de Compresibilidad, Índice de Colapso, Angulo de Fricción Interna, Cohesión, cuyos resultados se presentan en los CUADROS N° G-01 y G-02.

Desde el punto de vista de las propiedades de los suelos se tiene una división de acuerdo a los ensayos solicitados y realizados en el presente estudio y son:

ENSAYOS DE CAMPO O INSITU	
- Densidad natural húmeda y seca.	(Identificación o Caracterización)
- Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	Resistencia a la Penetración



#### ENSAYOS EN LABORATORIO

- Humedad natural. (Identificación o Caracterización)
- Análisis Granulométrico por Tamizado (Identificación o Caracterización)
- Límites de Atterberg (Identificación o Caracterización)
- Densidad mínima. (Identificación o Caracterización)
- Densidad máxima (Identificación o Caracterización)
- Corte Directo Residual Resistencia y Deformación
- Consolidación Unidimensional Deformabilidad
- Colapso Deformabilidad
- Contenido de sales y sulfatos. (Identificación o Caracterización)

### 2.5.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y ROCAS

#### 2.5.3.1 ZONIFICACION DE SUELOS SUPERFICIALES

Para el mejor estudio se dividirá por zonas que comprenderán los límites de cada uno de los distritos involucrados en el presente trabajo; se utilizará la clasificación SUCS, Lámina N° 07:

#### DISTRITO DE TACNA

Se encuentra asentado sobre depósitos fluviales de llanura de inundación y depósitos fluviales de canal, parte antigua conformante del cauce del río Caplina y en zonas del río Caramolle en la parte alta de la ciudad. Presenta 4 tipos de suelos diferentes y son: Arena Limosa (SM\_3), Arcilla de Baja Compresibilidad (CL), Grava Pobrementemente Graduada (GP) y Depósitos antropogénicos o rellenos.

Los suelos de arena limosa (SM\_3), se encuentran representadas por las calicatas CT-03, CT-04, CT-10, CT-13, CT-15, CT-18, CT-19, se encuentra delimitada por las avenidas Bolognesi y Leguía hasta la avenida Basadre y Forero al Este de la ciudad, la otra zona está delimitada por las avenidas Circunvalación e Industrial desde el Terminal Terrestre hasta el final del Parque Industrial de Tacna y esta representado por las calicatas CT-01, CT-17, CT-21.

Las Gravas Pobrementemente Graduadas (GP) se encuentra representadas por las calicatas CT-02, CT-05, CT-06, CT-08, CT-11, CT-14, CT-16, se encuentran delimitadas por las avenidas

Industrial y avenida Leguía, asimismo entre las avenidas Tarapacá y avenida Bolognesi, cubriendo gran parte de toda la extensión del distrito de Tacna.

Los depósitos antropogénicos o rellenos (R) han sido identificados mediante mapeo insitu y están conformados por antiguos pequeños cauces del río Caplina y Uchusuma que en la actualidad han sido rellenos y en la actualidad ya rellenos están siendo utilizados como terrenos de edificaciones poblacionales en el mismo distrito de la ciudad pero con mayor predominancia hacia el sur-oeste, se encuentra identificado en la calicata CT-20.

### **DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACIN**

El distrito de Gregorio Albarracín se encuentra asentado sobre depósitos fluviales de Llanura de inundación y depósitos fluviales de canal, desde el punto de vista de clasificación de suelos SUCS se tiene tres tipos de suelos, las gravas pobremente graduadas (GP), las arenas limosas (SM\_3), arenas pobremente graduadas (SP), y del mismo modo se tienen depósitos antropogénicos o de relleno.

Las gravas pobremente graduadas (GP) se encuentran representadas por las calicatas CG-02, CG-03, CG-04, CG-06, CG-07, CG-09, CG-12, CG-15 y se encuentran en la parte norte del distrito más específicamente con el límite del distrito de Tacna.

Los suelos de arenas limosas (SM\_3) se encuentran al sur del distrito y llegan hasta la zona denominada Viñani, que es actualmente zona de expansión del mismo; se encuentran representadas por las calicatas CG-01, CG-05, CG-08, CG-11, CG-13, CG-14, CG-16, CG-18, CG-19, CG-20.

Los depósitos antropogénicos o rellenos (R) han sido identificados mediante mapeo insitu y tienen una forma alargada cubriendo específicamente pequeños y medianos cauces antiguos del río Uchusuma, también ubicados al norte del distrito.

### **DISTRITO DE POCOLLAY**

El distrito de Pocollay se encuentra asentado sobre depósitos fluviales de llanura de inundación (SM\_3), depósitos fluviales de canal (GP), depósitos de ceniza volcánica (SM\_1) y depósitos antrópicos de relleno (R).

Desde ya se puede observar en esta zona la presencia de dos tipos de suelo con iguales clasificaciones SUCS (SM\_1 y SM\_3), estas se han diferenciado por su origen y por propiedades de resistencia y deformabilidad que se vera más adelante.

Desde el punto de vista de su origen se tiene que los suelos tipo SM\_1 son de origen volcánico denominados Cenizas Volcánicas y los suelos tipos SM\_3 son depósitos también de arenas limosas pero de origen fluvial, es decir transportados por el río Caplina.

Entonces se describirá las cuatro zonas de tipos de suelos en el distrito de Pocollay:

Los suelos de arenas limosas (SM\_1), se encuentran al norte del distrito, asimismo en la parte más alta del mismo, se extiende en una gran extensión; se encuentran representadas por las calicatas CP-01, CP-02, CP-03, CP-04, CP-05, CP-06, CP-07, CP-08, CP-11, CP-13, también se puede observar estos afloramientos en la parte céntrica del distrito en una franja mas angosta, mas específicamente cortando la avenida Celestino Vargas, pasando por la misma plaza principal hasta aproximadamente la zona denominada restaurante El Hueco.

Los suelos de arenas limosas (SM\_3), se encuentran representadas por las calicatas CP-18, CP-19, CP-20, se pueden observar por las zona denominada Junta de Compradores Las Peñas y al Sureste del distrito en un franja paralela al cerro Arunta.

Las gravas pobremente graduadas (GP), se observan en aproximadamente un 60% de toda la extensión del distrito, rodeando los suelos de ceniza volcánica (SM\_1) y a los suelos SM\_3 y se encuentran representadas por las calicatas CP-09, CP-10, CP-12, CP-14, CP-15, CP-16, CP-17.

Hacia el Noreste se puede observar depósitos antrópicos de basura o relleno en una franja al pie de los depósitos de Ceniza Volcánica (SM\_1).

## **DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA**

Actualmente se encuentra asentado sobre depósitos aluviales (SM\_2), depósitos deluviales (SM\_2), depósitos de Ceniza Volcánica (SM\_1) y depósitos de relleno o antropogénicos (R), aquí también como en el distrito de Pocollay se diferencia los depósitos de Ceniza Volcánica con los aluviales y deluviales a pesar de que los tres presentan clasificación SUCS (SM), el criterio fue el mismo por su origen, resistencia y deformabilidad.

Los límites del distrito son muy amplios tanto así que limitan con la provincia de Tarata, se considera su actual zona de expansión la parte alta del Cerro Intiorko, estando conformadas por roca volcánica del tipo ignimbrita con una resistencia a la compresión simple mayor a los 15MPa, presentando buenas características como ampliación urbana.

Por su origen los depósitos aluviales tipo (SM\_2) son transportados por un posible aluvión producido por la quebrada Caramolle, los depósitos deluviales (SM\_2) son producidos por efecto de la gravedad y los de Ceniza Volcánica (SM\_1) valga la redundancia de origen Volcánico.

Los suelos de arenas limosas (SM\_1) se encuentra representada por la calicata CA-02, ubicada a un costado del Estadio Maracana, también se corroboró con anteriores calicatas hechas en el anterior Estudio Mapa de Peligros en el Cono Norte de Tacna, realizado por el INDECI-UNJBG.

Los suelos de arenas limosas (SM\_2) se encuentran representadas por las calicatas CA-01, CA-04, CA-05, CA-06, distribuyéndose a todo lo largo del distrito. Aquí se completó la información del anterior Estudio de Mapa de Peligros realizado por el INDECI-UNJBG, aquella vez con aproximadamente 60 calicatas distribuidas a lo largo de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva.

Los depósitos antropogénicos o rellenos (R) han sido identificados por la calicata CA-03, ubicada en el actual Terminal del Altiplano desarrollado por la Municipalidad del Alto de la Alianza.

## **DISTRITO DE CIUDAD NUEVA**

El distrito de Ciudad Nueva se encuentra emplazado sobre depósitos aluviales (SM\_2), depósitos deluviales (SM\_2), depósitos de Ceniza Volcánica (SM\_1) y depósitos de relleno o antropogénicos (R), aquí también como en el distrito de Pocollay y Alto de la Alianza se diferencia los depósitos de Ceniza Volcánica con los aluviales y deluviales a pesar de que los tres presentan clasificación SUCS (SM), el criterio fue el mismo por su origen, resistencia y deformabilidad.

Por su origen los depósitos aluviales tipo (SM\_2) son transportados por un posible aluvión producido por la quebrada Caramolle, los depósitos deluviales (SM\_2) son producidos por efecto de la gravedad y los de Ceniza Volcánica (SM\_1) de origen Volcánico.

Actualmente los límites del distrito han crecido considerablemente pues también como en el distrito de Alto de la Alianza limita con la provincia de Tarata; es así que se planea áreas de expansión urbana hacia la única zona posible por el espacio geográfico de habitar, es la parte alta del cerro Intiorko, aquí se pueden apreciar roca volcánica con resistencia a la compresión simple mayor a 15MPa, no teniendo mayores problemas como ampliación Urbana.

Los suelos de arenas limosas (SM\_2) se encuentran representadas por las calicatas CC-01, CC-02, CC-03, CC-04, CC-05, CC-06, CC-07, ubicadas a lo largo del distrito de Ciudad Nueva, asimismo que completó la información producida en el anterior estudio de Peligros realizado por el INDECI-UNJBG:

Los depósitos de Ceniza Volcánica han sido mapeados insitu sobre nuestra base georeferenciada y están ubicados en la parte alta del distrito casi llegando a la quebrada Caramolle y en el límite con el distrito de Pocollay, gran parte de estos depósitos han sido cubiertos por los rellenos antropogénicos en la parte alta del distrito.

### **2.5.3.2 ZONIFICACION DE SUELOS PROFUNDOS (LAMINA N° 08)**

#### **DISTRITO DE TACNA**

Se pueden observar claramente dos tipos de suelos predominantes en el cercado o distrito de Tacna; son las arenas limosas y las gravas bien graduadas.

Los suelos de arena limosa (SM\_3), se encuentran representadas por las calicatas CT-03, CT-04, CT-13, CT-17, CT-21. Las gravas bien graduadas se encuentran representadas por las calicatas CT-01, CT-02, CT-05, CT-06, CT-07, CT-08, CT-09, CT-10, CT-11, CT-12, CT-14, CT-15, CT-16, CT-18, CT-19, CT-20.

#### **DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACIN**

EL distrito de Gregorio Albarracín se definido por gravas de los dos tipos bien graduadas y las pobremente graduadas. Las gravas pobremente graduadas (GP) se encuentran representadas por las calicatas CG-01, CG-02, CG-03, CG-04, CG-05, CG-06, CG-07, CG-

08, CG-09, CG-11, CG-13, CG-17. Las gravas bien graduadas (GW) se encuentran representadas por las calicatas CG-10, CG-12, CG-14, CG-15, CG-16, CG-18, CG-19, CG-20

#### **DISTRITO DE POCOLLAY**

Los suelos de arenas limosas (SM\_1) se encuentran representadas por las calicatas CP-01, CP-02, CP-03, CP-04, CP-05, CP-06, CP-07, CP-08, CP-11, CP-13.

Las gravas pobremente graduadas (GP) se encuentran representadas por las calicatas CP-09, CP-10, CP-12, CP-14, CP-15, CP-16, CP-17, CP-18, CP-19, CP-20

#### **DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA**

Los suelos de arenas limosas (SM\_1) se encuentran representadas por la calicata CA-02.

Los suelos de arenas limosas (SM\_2) se encuentran representadas por las calicatas CA-01, CA-03, CA-04, CA-05, CA-06., aquí se tiene información del anterior estudio mapa de peligros del Cono Norte, realizado por el INDECI-UNJBG.

#### **DISTRITO DE CIUDAD NUEVA**

Los suelos de arenas limosas (SM\_2) se encuentran representadas por las calicatas CC-01, CC-02, CC-03, CC-04, CC-05, CC-06, CC-07, del mismo modo que en Alto de la Alianza, se ha aprovechado información generada por el anterior estudio de peligros del Cono Norte.

### **2.5.4 CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS**

El objetivo del presente ítem es desarrollar el cálculo de la capacidad portante de los suelos del área de Estudio; con base a la información colectada anteriormente y el criterio ingenieril, común en este tipo de análisis.

La carga última de una cimentación superficial se puede definir como el valor máximo de la carga con el cual en ningún punto del subsuelo se alcanza la condición de rotura (método de Frolich), o también refiriéndose al valor de la carga, mayor del anterior, para el cual el fenómeno de rotura se extiende a un amplio volumen del suelo (método de Prandtl e sucesores).

**Prandtl** ha estudiado el problema de la rotura de un semiespacio elástico como efecto de una carga aplicada sobre su superficie con referencia al acero, caracterizando la resistencia a la rotura con una ley de tipo:

$$\tau = c + \sigma \times \operatorname{tg} \varphi \quad \text{válida también para los suelos.}$$

Las hipótesis y las condiciones dictadas por Prandtl son las siguientes:

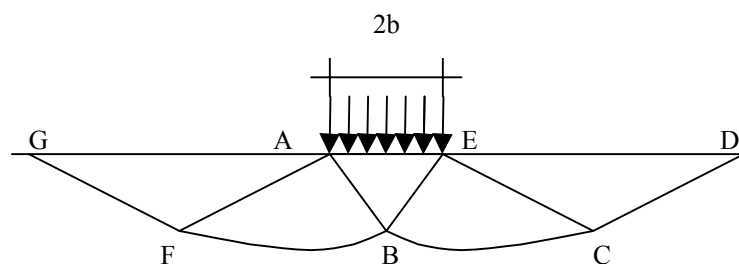
- Material carente de peso y por lo tanto  $\gamma = 0$
- Comportamiento rígido - plástico
- Resistencia a la rotura del material expresada con la relación  $\tau = c + \sigma \times \operatorname{tg} \varphi$
- Carga uniforme, vertical y aplicada en una franja de longitud infinita y de ancho  $2b$  (estado de deformación plana)
- Tensiones tangenciales nulas al contacto entre la franja de carga y la superficie límite del semiespacio.

En el acto de la rotura se verifica la plasticidad del material contenido entre la superficie límite del semiespacio y la superficie  $GFBCD$ .

En el triángulo  $AEB$  la rotura se da según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en  $45^\circ + \varphi/2$  con respecto al horizontal.

En las zonas  $ABF$  y  $EBC$  la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos  $A$  y  $E$  y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas.

Los polos de éstas son los puntos  $A$  y  $E$ . En los triángulos  $AFG$  y  $ECD$  la rotura se da en segmentos inclinados en  $\pm(45^\circ + \varphi/2)$  con respecto a la vertical.



Individuado así el volumen de terreno llevado a rotura por la carga límite, éste se puede calcular escribiendo la condición de equilibrio entre las fuerzas que actúan en cualquier volumen de terreno delimitado debajo de cualquiera de las superficies de deslizamiento.

Se llega por lo tanto a una ecuación  $q = B \times c$ , donde el coeficiente B depende solo del ángulo de rozamiento  $\varphi$  del terreno.

$$B = \cot g \varphi \left[ e^{\frac{\pi g \varphi}{2} \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi / 2)} - 1 \right]$$

Para  $\varphi = 0$  el coeficiente B es igual a 5.14, por lo tanto  $q = 5.14 \times c$ .

En el otro caso particular de terreno sin cohesión ( $c=0$ ,  $\gamma \neq 0$ ) resulta  $q=0$ . Según la teoría de **Prandtl**, no sería entonces posible aplicar ninguna carga en la superficie límite de un terreno incoherente.

En esta teoría, si bien no se puede aplicar prácticamente, se han basado todas las investigaciones y los métodos de cálculo sucesivos.

En efecto **Caquot** se puso en las mismas condiciones de Prandtl, a excepción del hecho que la franja de carga no se aplica sobre la superficie límite del semiespacio, sino a una profundidad h, con  $h \leq 2b$ ; el terreno comprendido entre la superficie y la profundidad h tiene las siguientes características:  $\gamma \neq 0$ ,  $\varphi = 0$ ,  $c = 0$  es decir un medio dotado de peso pero sin resistencia.

Resolviendo las ecuaciones de equilibrio se llega a la expresión:

$$q = A \times \gamma l + B \times c$$

que de seguro es un paso adelante con respecto a Prandtl, pero que todavía no refleja la realidad.

### Método de Terzaghi (1955)

**Terzaghi**, prosiguiendo el estudio de Caquot, ha aportado algunos cambios para tener en cuenta las características efectivas de toda la obra de cimentación - terreno.



Bajo la acción de la carga transmitida por la cimentación, el terreno que se encuentra en contacto con la cimentación misma tiende a irse lateralmente, pero resulta impedido por las resistencias tangenciales que se desarrollan entre la cimentación y el terreno.

Esto comporta un cambio del estado tensional en el terreno puesto directamente por debajo de la cimentación; para tenerlo en cuenta, *Terzaghi* asigna a los lados AB y EB de la cuña de Prandtl una inclinación  $\psi$  respecto a la horizontal, seleccionando el valor de  $\psi$  en función de las características mecánicas del terreno al contacto terreno-obra de cimentación.

De esta manera se supera la hipótesis  $\gamma_2 = 0$  para el terreno por debajo de la cimentación. Admitiendo que las superficies de rotura resten inalteradas, la expresión de la carga última entonces es:

$$q = A \times \gamma \times h + B \times c + C \times \gamma \times b$$

donde C es un coeficiente que resulta función del ángulo de rozamiento interno  $\phi$  del terreno puesto por debajo del nivel de cimentación y del ángulo  $\phi$  antes definido; b es la semianchura de la franja.

Además, basándose en datos experimentales, *Terzaghi* pasa del problema plano al problema espacial introduciendo algunos factores de forma.

Una sucesiva contribución sobre el efectivo comportamiento del terreno ha sido aportada por *Terzaghi*.

En el método de Prandtl se da la hipótesis de un comportamiento del terreno rígido-plástico, en cambio *Terzaghi* admite este comportamiento en los terrenos muy compactos.

En éstos, de hecho, la curva cargas-asentamientos presenta un primer tracto rectilíneo, seguido por un breve tracto curvilíneo (comportamiento elástico-plástico); la rotura es instantánea y el valor de la carga límite resulta claramente individuado (rotura general).

En un terreno muy suelto en cambio la relación cargas-asentamientos presenta un tracto curvilíneo acentuado desde las cargas más bajas por efecto de una rotura progresiva del terreno (rotura local). Como consecuencia la individualización de la carga límite no es tan clara y evidente como en el caso de los terrenos compactos.

Para los terrenos muy sueltos, Terzaghi aconseja tener en consideración la carga última; el valor que se calcula con la fórmula anterior pero introduciendo valores reducidos de las características mecánicas del terreno y precisamente:

$$tg\varphi_{rid} = 2/3 \times tg\varphi \text{ e } c_{rid} = 2/3 \times c$$

Haciendo explícitos los coeficientes de la fórmula anterior, la fórmula de Terzaghi se puede escribir así:

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c + \gamma \times D \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma$$

donde:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi/2) \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left( \frac{K_p \gamma}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

### Fórmula de Meyerhof (1963)

Meyerhof propuso una fórmula para calcular la carga última parecida a la de Terzaghi. Las diferencias consisten en la introducción de nuevos coeficientes de forma.

Introdujo un coeficiente  $s_q$  que multiplica el factor  $N_q$ , factores de profundidad  $d_i$  y de pendiente  $i_j$  para el caso en que la carga transmitida a la cimentación sea inclinada en la vertical.

Los valores de los coeficientes  $N$  se obtuvieron de Meyerhof hipotizando varios arcos de prueba BF (v. mecanismo Prandtl), mientras que el corte a lo largo de los planos AF tenía valores aproximados.

A continuación se presentan los factores de forma tomados de Meyerhof, junto con la expresión de la fórmula.

Carga vertical

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$$

Carga inclinada  $q_{ul} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times B \times N_{\gamma} i_{\gamma} d_{\gamma}$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

factor de forma:

$$s_c = 1 + 0.2k_p \frac{B}{L} \quad \text{para } \varphi > 10$$

$$s_q = s_{\gamma} = 1 + 0.1k_p \frac{B}{L} \quad \text{para } \varphi = 0$$

factor de profundidad:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_{\gamma} = 1 + 0.1\sqrt{k_p} \frac{D}{B} \quad \text{para } \varphi > 10$$

$$d_q = d_{\gamma} = 1 \quad \text{para } \varphi = 0$$

inclinación:

$$i_c = i_{\gamma} = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_{\gamma} = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \quad \text{para } \varphi > 0$$

$$i_{\gamma} = 0 \quad \text{para } \varphi = 0$$

donde :

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$$

$\theta$  = Inclinación de la resultante en la vertical.

### Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de  $b_i$  que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor  $g_i$  para terreno en pendiente.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación  $D/B$ , ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de  $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Para valores  $D/B > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

En el caso  $\varphi = 0$

$D/B$	0	1	1.1	2	5	10	20	100
$d'_c$	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápicos (') valen cuando  $\varphi=0$ .

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{para cualquier } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} > 1$$

Factores de inclinación de la carga

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

*Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):*

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (10.5 \tan \beta)^5$$

*Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)*

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

### **Fórmula de Vesic (1975)**

La fórmula de Vesic es análoga a la fórmula de Hansen, con  $N_q$  y  $N_c$  como en la fórmula de Meyerhof y  $N_\gamma$  como se indica a continuación:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan(\varphi)$$

Los factores de forma y de profundidad que aparecen en las fórmulas del cálculo de la capacidad portante son iguales a los propuestos por Hansen; en cambio se dan algunas diferencias en los factores de inclinación de la carga, del terreno (cimentación en talud) y del plano de cimentación (base inclinada).

### 2.5.4.1 FACTOR DE CORRECCIÓN EN CONDICIONES SÍSMICAS.

#### **Criterio de Vesic**

Según este autor, para tener en cuenta el fenómeno del aumento del volumen en el cálculo de la capacidad portante es suficiente disminuir en  $2^\circ$  el ángulo de rozamiento interno de los estratos de cimentación. La limitación de esta sugerencia está en el hecho que no toma en cuenta la intensidad de la fuerza sísmica (expresado con el parámetro de la aceleración sísmica horizontal máxima). Este criterio se confirma en las observaciones de diferentes eventos sísmicos.

#### **Criterio de Sano**

El autor propone disminuir el ángulo de rozamiento interno de los estratos portantes de una cantidad dada por la relación:

$$D_p = \arctg\left(\frac{A_{max}}{\sqrt{2}}\right)$$

donde:  $A_{max}$  es la aceleración sísmica horizontal máxima.

Este criterio, respecto al de *Vesic*, tiene la ventaja de tomar en consideración la intensidad de la fuerza sísmica. Pero la experiencia demuestra que la aplicación acrítica de esta relación puede conducir a valores excesivamente reservados de *Qlim*.

Las correcciones de *Sano* y de *Vesic* se aplican exclusivamente a terrenos sin cohesión bastante densos. Es errado aplicarlas a terrenos sueltos o medianamente densos, donde las vibraciones sísmicas producen el fenómeno opuesto al del aumento del volumen, con aumento del grado de densidad y del ángulo de rozamiento.

### **ASIENTOS EDMÉTRICOS**

El cálculo de los asientos con el método edométrico permite valorar un asiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica.

Sin embargo la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso.

El procedimiento edométrico en el cálculo de los asientos pasa esencialmente a través de dos fases:

- a) El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la

aplicación de la teoría de la elasticidad;

b) La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento por consolidación en suelo cohesivo preconsolidado puede determinarse utilizando la fórmula siguiente:

$$\sigma_0 < \sigma_c$$

$$\sigma_0 + \Delta\sigma < \sigma_c$$

$$S = \left[ H * \frac{Cc}{1 + e_0} \right] * \log \left( \frac{(\sigma_0 + \Delta\sigma)}{\sigma_0} \right)$$

Donde:

S: asentamiento en cm

H: Zona activa conformante al bulbo de presiones en cm

Cc: coeficiente de compresibilidad (tomada del ensayo de consolidación)

E<sub>0</sub>: relación de vacíos inicial.

σ<sub>0</sub>: valor de la presión inicial de confinamiento antes del asentamiento en Kg/cm<sup>2</sup>

Δσ: Valor de la presión impuesta por las cargas de la estructura en Kg/cm<sup>2</sup>

#### 2.5.4.2 CALCULO DE ASENTAMIENTO A PARTIR DE ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL.

El cálculo del asentamiento es una medida de controlar los futuros problemas que puede sufrir una estructura ante situaciones no esperadas que pueden causar gran daño.

Para calcular el asentamiento se realizó el ensayo de consolidación, con esos datos obtenidos se determina el asentamiento mediante el uso de la formula de asentamiento.

- Los valores obtenidos del ensayo de consolidación unidimensional de la muestra CT-09 con los parámetros de profundidad de cimientto y presión impuesta por la estructura al suelo son los siguientes:

$$H = 75 \text{ cm}$$

$$Cc = 0.039$$

$$e_0 = 0.442$$

$$\sigma_0 = 0.269 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Delta\sigma = 0.81 \text{ Kg/cm}^2$$

Reemplazando estos valores en la formula de asentamiento obtenemos:

$$S = \left[ 100 * \frac{0.039}{1 + 0.442} \right] * \log \left( \frac{0.269 + 0.81}{0.269} \right)$$

S= 1.224 cm.

Este mismo procedimiento se debe repetir para calcular los asentamientos de las otras muestras que se tienen. Estos valores se muestran en la siguiente **Tabla N° 01**:

TABLA N° 01. RESUMEN DE CALCULO DE ASENTAMIENTOS

	RELACION DE VACIOS INICIAL	COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD Cc	PRESION INICIAL Kg/cm2	PRESION APLICADA Kg/cm2	ZONA ACTIVA BULBO DE PRESIONES cm	ASENTAMIENTO cm
CT-01	0.47	0.036	0.275	0.81	75	1.093
CT-03	1.32	0.387	0.203	0.81	75	8.742
CT-09	0.44	0.039	0.269	0.81	75	1.224
CA-01	0.62	0.046	0.182	0.81	75	1.567
CA-03	0.70	0.106	0.196	0.81	75	3.323
CP-10	0.46	0.047	0.246	0.81	75	1.523
CG-04	0.47	0.049	0.248	0.81	75	1.574
CG-09 M1	0.62	0.056	0.252	0.81	75	1.617
CG-09-M2	0.50	0.047	0.252	0.81	75	1.470
CC-02	0.59	0.070	0.203	0.81	75	2.303
CC-03	0.67	0.050	0.175	0.81	75	1.681

Como alternativa a los parámetros *RR* y *CR* se hace referencia al módulo edométrico *M*; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ( $\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$ ) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

- la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor (< 2.00 m);
- la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
- el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.



### Asiento secundario

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

en donde:

$H_c$  es la altura del estrato en fase de consolidación;

$C_\alpha$  es el coeficiente de consolidación secundaria como pendiente en el tracto secundario de la curva *asiento-logaritmo tiempo*;

$T$  tiempo en que se desea el asiento secundario;

$T_{100}$  tiempo necesario para terminar el proceso de consolidación primaria.

### ASIENTOS DE BURLAND Y BURBIDGE

Si acaso se dispone de datos obtenidos de pruebas penetrométricas dinámicas para calcular los asentamientos, es posible fiarse del método de Burland y Burbidge (1985), en el cual se correlaciona un índice de compresibilidad  $I_c$  al resultado  $N$  de la prueba penetrométrica dinámica. La expresión del asiento propuesta por los autores es la siguiente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[ \sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_C \right]$$

donde:

$q'$  = presión eficaz bruta;

$\sigma'_{vo}$  = tensión vertical eficaz a la cota de impuesto de la cimentación;

$B$  = ancho de la cimentación;

$I_c$  = índice de compresibilidad;

$f_s, f_H, f_t$  = factores correctores que toman en cuenta respectivamente la forma, el espesor del estrato comprensible y el tiempo, para el componente viscoso.

El índice de compresibilidad  $I_c$  está ligado al valor medio  $N_{av}$  de  $N_{spt}$  al interno de una profundidad significativa  $z$ :

$$I_C = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Por cuanto respecta a los valores de  $N_{spt}$  a utilizar en el cálculo del valor medio  $N_{AV}$ , hay que precisar que los valores se deben corregir para arenas con componentes limosos debajo del nivel freático y  $N_{spt} > 15$ , según la indicación de Terzaghi y Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

donde  $N_c$  es el valor correcto a usar en los cálculos.

Para depósitos gravosos arenosos-gravosos el valor corregido es igual a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Las expresiones de los factores correctores  $f_S$ ,  $f_H$  y  $f_t$  son respectivamente:

$$f_S = \left( \frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left( 2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left( 1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con

$t$  = tiempo en años  $> 3$ ;

$R_3$  = constante igual a 0.3 para cargas estáticas y 0.7 para cargas dinámicas;  $R$  = 0.2 en el caso de cargas estáticas y 0.8 para cargas dinámicas.

## ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN EN LA CALICATA CP-01. ASOC. EL MIRADOR. POCOLLAY

### DATOS GENERALES

---

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0

Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	12.36	12.45	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor Nq	22.56
Factor Nc	34.81
Factor Ng	20.03
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.62
Factor Dq	1.24
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última 747.93 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 249.31 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	27.73
Factor Nc	43.17
Factor Ng	26.52
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última	542.44 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>180.81 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	22.56
Factor Nc	34.81
Factor Ng	21.17
Factor Sc	1.64
Factor Dc	1.43
Factor Sq	1.32
Factor Dq	1.22
Factor Sg	1.32
Factor Dg	1.22

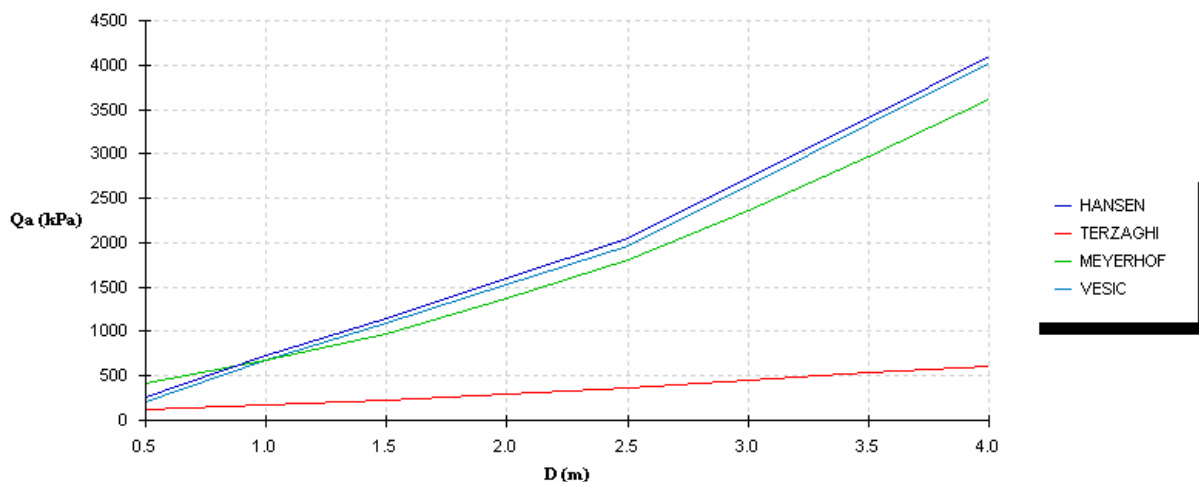
Presión última	748.14 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>249.38 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	22.56
Factor Nc	34.81
Factor Ng	29.18
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.62

Presión última	781.87 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>260.62 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



## ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CP-02. RESERVORIO EPS. POCOLLAY

### DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (Kn/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (Kn/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	12.36	12.45	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

**Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]**

Presión normal	200.0 kN/m <sup>2</sup>
----------------	-------------------------

**Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]**

Presión normal	200.0 kN/m <sup>2</sup>
----------------	-------------------------

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)**

Factor Nq	22.56
Factor Nc	34.81
Factor Ng	20.03
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.62
Factor Dq	1.24
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última	747.93 kN/m <sup>2</sup>
----------------	--------------------------

<b>Presión admisible</b>	<b>249.31 kN/m<sup>2</sup></b>
--------------------------	--------------------------------

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	27.73
Factor Nc	43.17
Factor Ng	26.52
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última	542.44 kN/m <sup>2</sup>
----------------	--------------------------

<b>Presión admisible</b>	<b>180.81 kN/m<sup>2</sup></b>
--------------------------	--------------------------------

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	22.56
Factor Nc	34.81

Factor Ng	21.17
Factor Sc	1.64
Factor Dc	1.43
Factor Sq	1.32
Factor Dq	1.22
Factor Sg	1.32
Factor Dg	1.22

---



---

Presión última	748.14 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>249.38 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)

---



---

Factor Nq	22.56
Factor Nc	34.81
Factor Ng	29.18
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.62

---



---

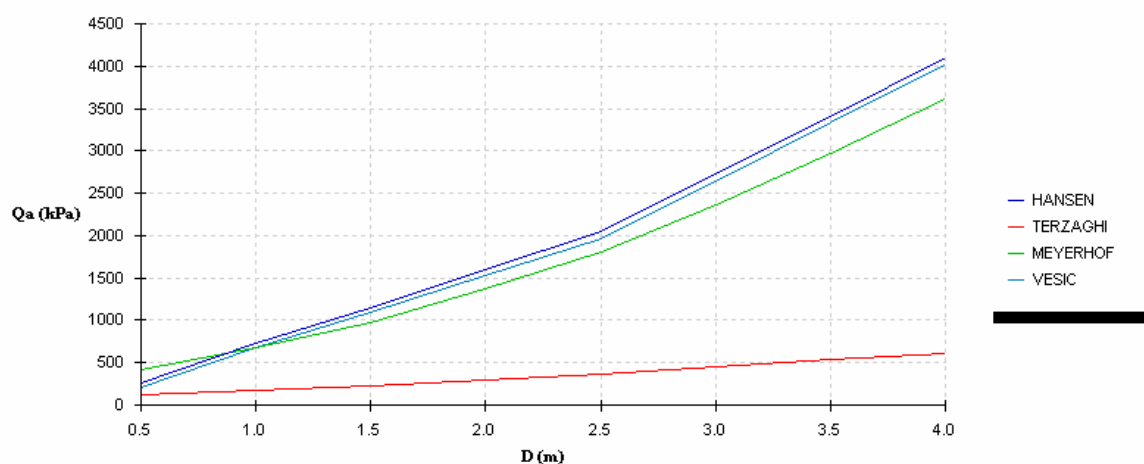
Presión última	781.87 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>260.62 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



## ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CP-14. C. F. BARRETO. POCOLLAY

### DATOS GENERALES

---



---

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m

Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (Kn/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	20.79	21.18	32.61	32.61	0.0	0.0	0.0	15440.0	6010.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	16.62
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.59
Factor Dq	1.25
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0



Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última	1082.54 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>360.85 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	24.13
Factor Nc	39.1
Factor Ng	21.93
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última	784.49 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>261.5 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	17.37
Factor Sc	1.61
Factor Dc	1.42
Factor Sq	1.31
Factor Dq	1.21
Factor Sg	1.31
Factor Dg	1.21

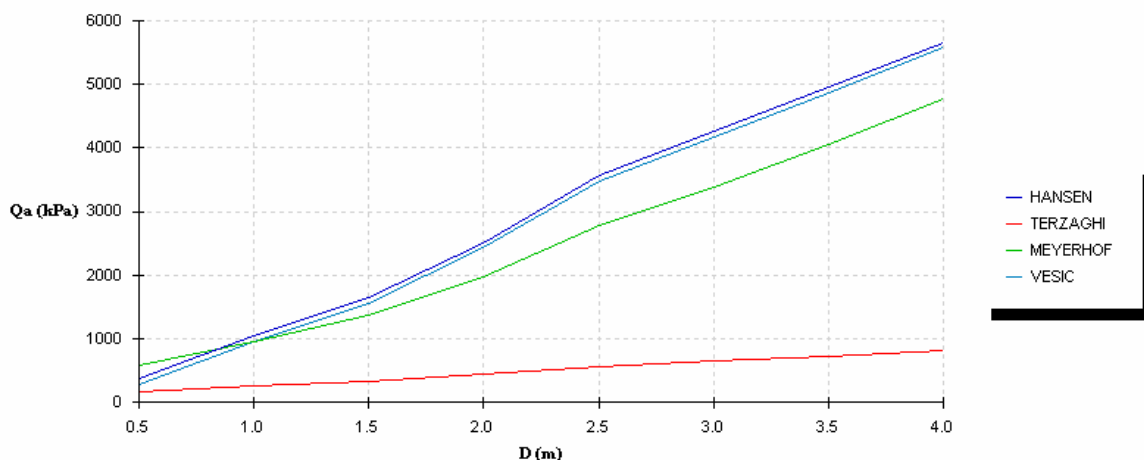
Presión última	1064.67 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>354.89 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	24.52
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.59

Presión última	1131.85 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>377.28 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



## ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CC-01. PLAZA 28 DE AGOSTO. CIUDAD NUEVA

### DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	13.34	13.53	29.73	20.94	0.0	0.0	0.0	12410.0	4770.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	24.13	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal	200.0 kN/m <sup>2</sup>
----------------	-------------------------

**Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]**

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	2.66
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.35
Factor Dq	1.28
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última 177.09 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 59.03 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.99
Factor Nc	17.0
Factor Ng	4.62
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última 136.49 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 45.5 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	2.58
Factor Sc	1.4
Factor Dc	1.34

Factor Sq	1.2
Factor Dq	1.17
Factor Sg	1.2
Factor Dg	1.17

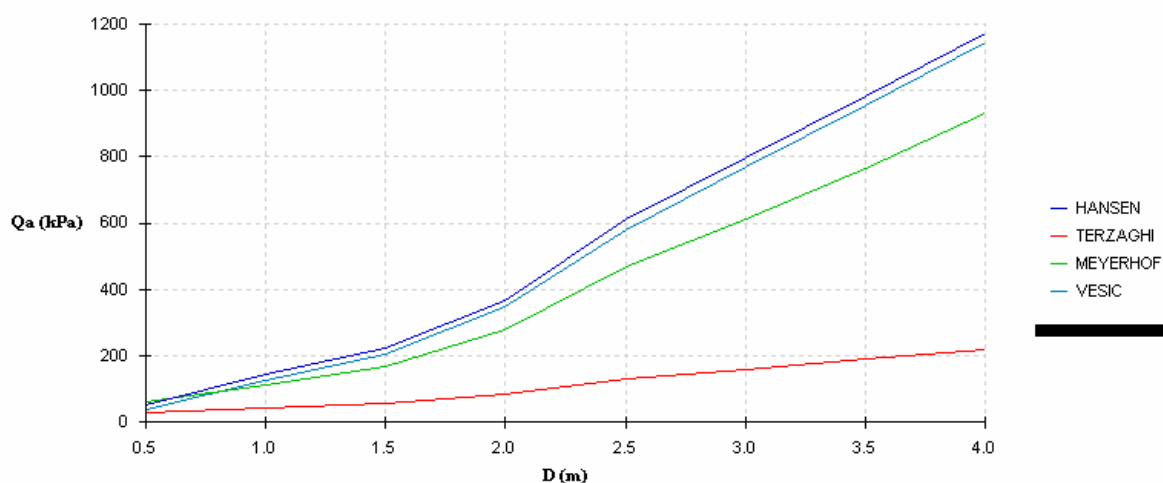
Presión última	159.57 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>53.19 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	4.95
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.35

Presión última	186.27 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>62.09 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



**ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CC-04. C.E. 408. CIUDAD NUEVA**

**DATOS GENERALES**

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m

Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	15.99	16.09	29.73	20.94	0.0	0.0	0.0	12410.0	4770.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	24.13	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	2.66
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.35
Factor Dq	1.28
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0

Factor Bg	1.0
-----------	-----

Presión última	212.27 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>70.76 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.99
Factor Nc	17.0
Factor Ng	4.62
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última	163.6 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>54.53 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	2.58
Factor Sc	1.4
Factor Dc	1.34
Factor Sq	1.2
Factor Dq	1.17
Factor Sg	1.2
Factor Dg	1.17

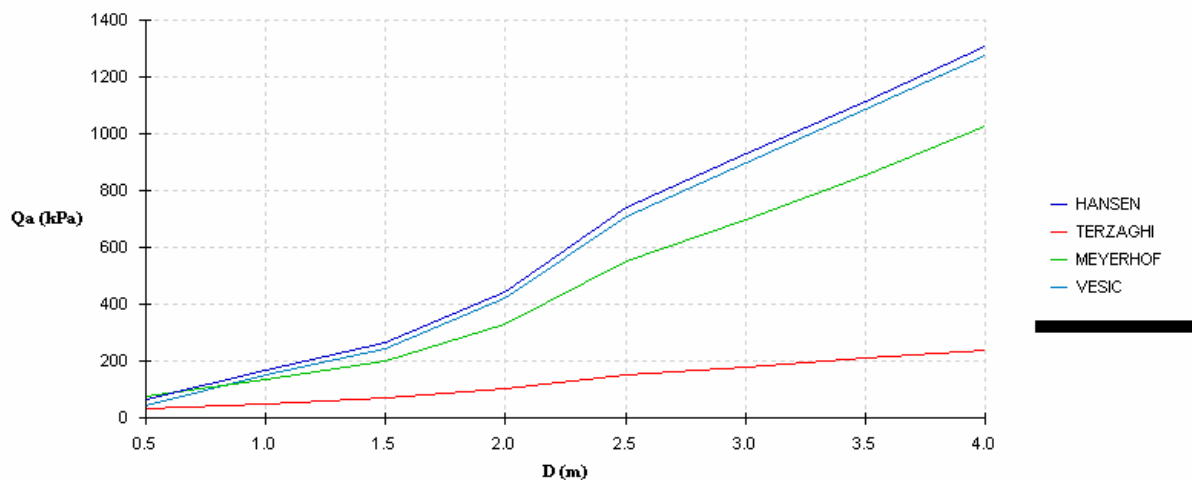
Presión última	191.27 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>63.76 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	4.95
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.35

Presión última	223.28 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>74.43 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



## ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CA-01. LA FLORIDA. ALTO DE LA ALIANZA

### DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	cu (kN/m²)	Ey (kN/m²)	Ed (kN/m²)	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	14.62	14.91	29.73	20.94	0.0	0.0	0.0	12410.0	3940.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	24.13	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal	200.0 kN/m²
----------------	-------------

**Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]**

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	2.66
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.35
Factor Dq	1.28
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última 194.08 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 64.69 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.99
Factor Nc	17.0
Factor Ng	4.62
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última 149.59 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 49.86 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	2.58
Factor Sc	1.4



Factor Dc	1.34
Factor Sq	1.2
Factor Dq	1.17
Factor Sg	1.2
Factor Dg	1.17

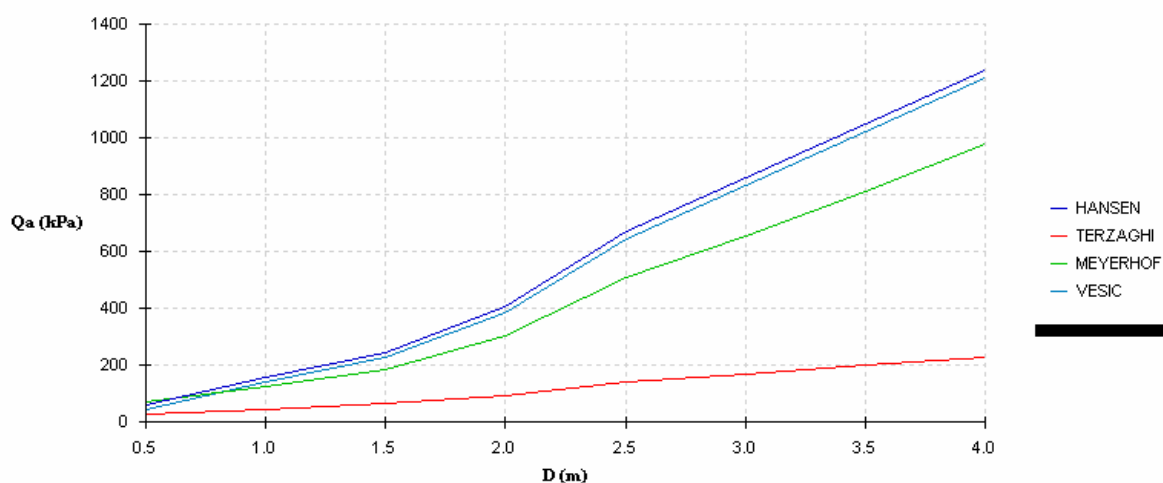
Presión última	174.88 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>58.29 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.03
Factor Nc	14.29
Factor Ng	4.95
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.35

Presión última	204.15 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>68.05 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



**ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CA-05. COLEGIO BASADRE. ALTO DE LA ALIANZA**

**DATOS GENERALES**

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m

Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	12.65	13.64	30.88	21.83	0.0	0.0	0.0	12410.0	4770.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	24.13	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor Nq	6.58
Factor Nc	15.1
Factor Ng	3.09
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.37
Factor Dq	1.28
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0

Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última	186.34 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>62.11 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	7.66
Factor Nc	18.03
Factor Ng	5.18
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última	142.51 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>47.5 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.58
Factor Nc	15.1
Factor Ng	3.02
Factor Sc	1.41
Factor Dc	1.34
Factor Sq	1.21
Factor Dq	1.17
Factor Sg	1.21
Factor Dg	1.17

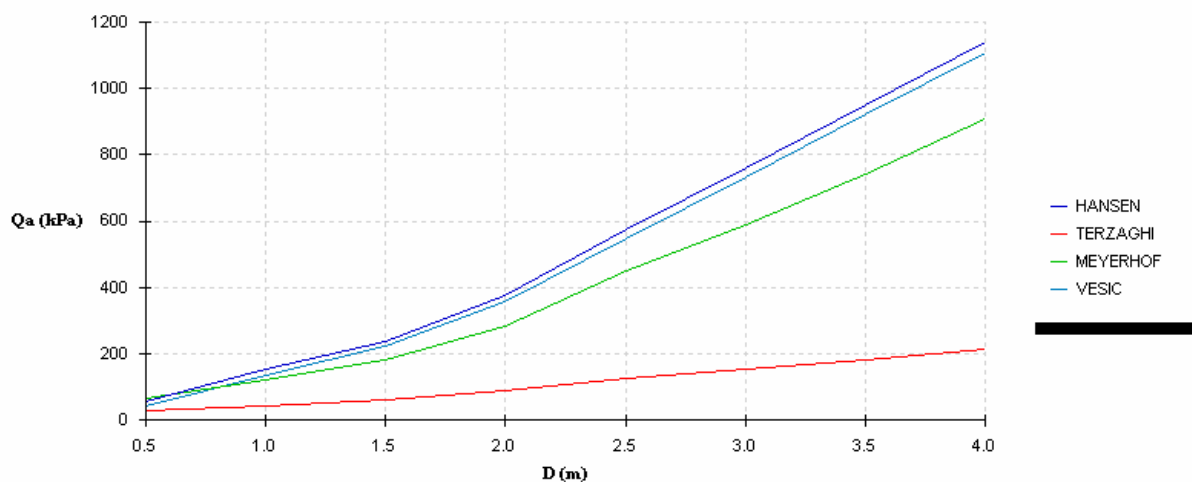
Presión última	168.2 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>56.07 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	6.58
Factor Nc	15.1
Factor Ng	5.6
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.37

Presión última	195.86 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>65.29 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



## ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CT-02. ESTADIO TACNA. TACNA

### DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	cu (kN/m²)	Ey (kN/m²)	Ed (kN/m²)	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	20.99	21.29	34.06	34.06	0.0	0.0	0.0	17960.0	7050.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal	200.0 kN/m²
----------------	-------------

**Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]**

Presión normal	200.0 kN/m <sup>2</sup>
----------------	-------------------------

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)**

Factor Nq	23.34
Factor Nc	35.67
Factor Ng	20.99
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.63
Factor Dq	1.24
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última	1319.28 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>439.76 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	28.73
Factor Nc	44.27
Factor Ng	27.75
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última	956.51 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>318.84 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	23.34
Factor Nc	35.67
Factor Ng	22.25
Factor Sc	1.65
Factor Dc	1.43

Factor Sq	1.33
Factor Dq	1.22
Factor Sg	1.33
Factor Dg	1.22

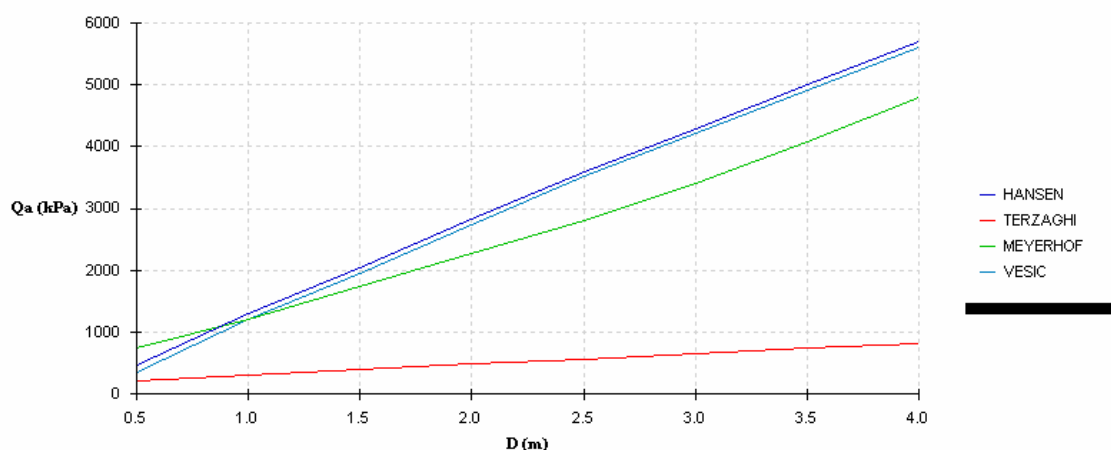
Presión última	1325.56 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>441.85 kN/m<sup>2</sup></b>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

Factor Nq	23.34
Factor Nc	35.67
Factor Ng	30.49
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.63

Presión última	1379.11 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>459.7 kN/m<sup>2</sup></b>

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



**ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CT-04. CIUDAD PERDIDA. TACNA**

**DATOS GENERALES**

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°

Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	15.5	16.38	28.87	20.27	0.0	0.0	0.0	13420.0	5180.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	24.13	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor Nq	5.66
Factor Nc	13.72
Factor Ng	2.37
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.34
Factor Dq	1.27
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

---



---

Presión última	190.57 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>63.52 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

---



---

Factor Nq	6.53
Factor Nc	16.29
Factor Ng	4.26
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

---



---



---



---

Presión última	147.86 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>49.29 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

---



---

Factor Nq	5.66
Factor Nc	13.72
Factor Ng	2.3
Factor Sc	1.39
Factor Dc	1.33
Factor Sq	1.19
Factor Dq	1.17
Factor Sg	1.19
Factor Dg	1.17

---



---



---



---

Presión última	171.59 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>57.2 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

---



---

Factor Nq	5.66
Factor Nc	13.72
Factor Ng	4.52
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.34

---



---



---



---

Presión última	200.56 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>66.85 kN/m<sup>2</sup></b>

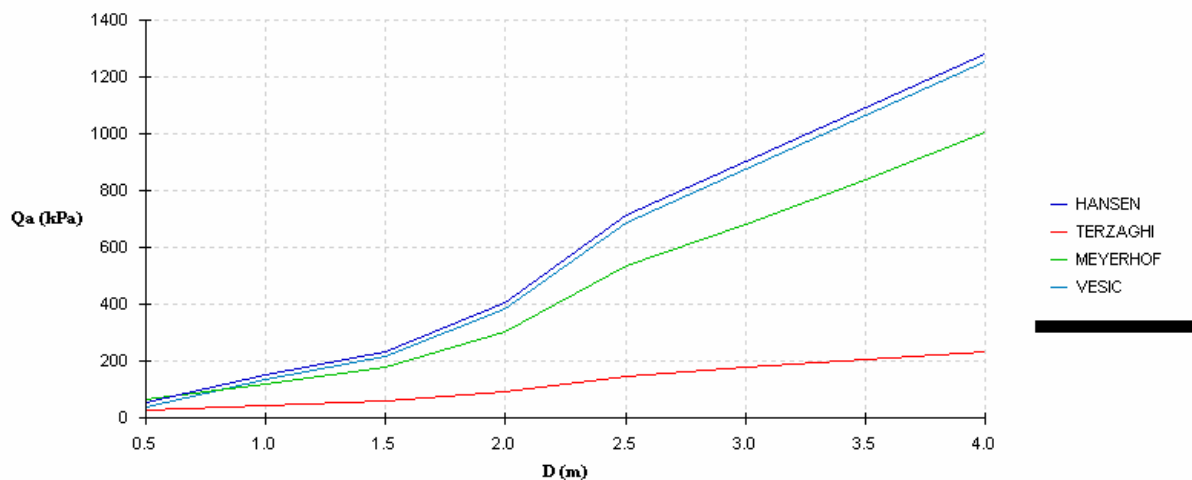
---



---



Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



## ANALISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CG-04. ENACE I. GREGORIO ALBARRACIN

### DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	C (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	cu (kN/m²)	Ey (kN/m²)	Ed (kN/m²)	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	20.11	20.31	32.61	32.61	0.0	0.0	0.0	15440.0	6010.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal	200.0 kN/m²
----------------	-------------

**Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]**

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)**

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	16.62
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.59
Factor Dq	1.25
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0

Presión última 1047.13 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 349.04 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

Factor Nq	24.13
Factor Nc	39.1
Factor Ng	21.93
Factor Sc	1.3
Factor Sg	0.8

Presión última 758.84 kN/m<sup>2</sup>

**Presión admisible 252.95 kN/m<sup>2</sup>**

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	17.37

Factor Sc	1.61
Factor Dc	1.42
Factor Sq	1.31
Factor Dq	1.21
Factor Sg	1.31
Factor Dg	1.21

---



---

Presión última	1029.85 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>343.28 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)

---



---

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	24.52
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Sq	1.0
Factor Dq	1.0
Factor Sg	1.0
Factor Dg	1.59

---



---



---



---

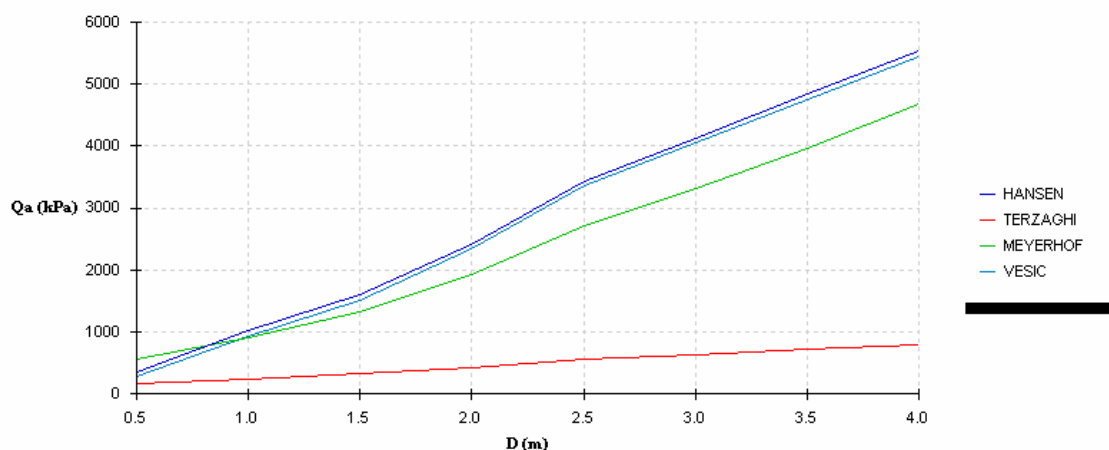
Presión última	1094.83 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>364.94 kN/m<sup>2</sup></b>

---



---

Diagrama D-Qadm.... B x L=1.0 x 0.1 m



### ANÁLISIS DE LA CIMENTACION CALICATA CG-16. GREGORIO ALBARRACIN

#### DATOS GENERALES

---



---

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°

Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

### ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	19.62	19.82	32.61	32.61	0.0	0.0	0.0	15440.0	6010.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	33.77	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

### Acciones de proyecto - Estado límite de daño [S.L.D.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### Acciones de proyecto - Estado límite último [S.L.U.]

Presión normal 200.0 kN/m<sup>2</sup>

### CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor Nq	19.73
Factor Nc	31.65
Factor Ng	16.62
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.35
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.59
Factor Dq	1.25
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0

Factor Bg 1.0

---



---

Presión última 1021.62 kN/m<sup>2</sup>  
**Presión admisible 340.54 kN/m<sup>2</sup>**

---



---

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN TERZAGHI (1955) (Condición drenada)**

---



---

Factor Nq 24.13  
 Factor Nc 39.1  
 Factor Ng 21.93  
 Factor Sc 1.3  
 Factor Sg 0.8

---



---

Presión última 740.35 kN/m<sup>2</sup>  
**Presión admisible 246.78 kN/m<sup>2</sup>**

---



---

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963) (Condición drenada)**

---



---

Factor Nq 19.73  
 Factor Nc 31.65  
 Factor Ng 17.37  
 Factor Sc 1.61  
 Factor Dc 1.42  
 Factor Sq 1.31  
 Factor Dq 1.21  
 Factor Sg 1.31  
 Factor Dg 1.21

---



---

Presión última 1004.76 kN/m<sup>2</sup>  
**Presión admisible 334.92 kN/m<sup>2</sup>**

---



---

**CARGA ÚLTIMA SEGÚN VESIC (1975) (Condición drenada)**

---



---

Factor Nq 19.73  
 Factor Nc 31.65  
 Factor Ng 24.52  
 Factor Sc 1.0  
 Factor Dc 1.35  
 Factor Sq 1.0  
 Factor Dq 1.0  
 Factor Sg 1.0  
 Factor Dg 1.59

---



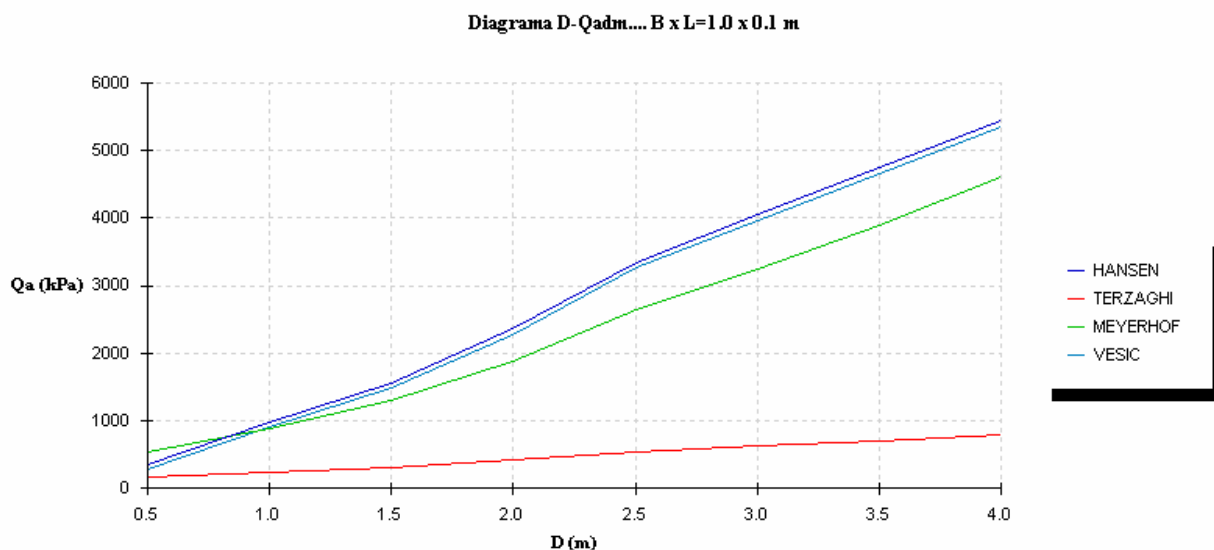
---

Presión última 1068.15 kN/m<sup>2</sup>  
**Presión admisible 356.05 kN/m<sup>2</sup>**

---



---



### 2.5.5 AMPLIFICACION SISMICA LOCAL

De acuerdo al mapa de zonificación geotécnica de suelos, se ha identificado 3 zonas de amplificación sísmica para el presente estudio (**Plano N° 10**), asimismo se ha construido un mapa de microtremors, tomando como fuente la tesis de Tokesshi (1986) y también tomando como criterio los efectos causados por el terremoto de junio del 2001, se considerara las siguientes zonas de amplificación sísmica:

#### ZONA DE AMPLIFICACIÓN SISMICA BAJA

Está conformada por los depósitos fluviales recientes del río Caplina, nivel freático por debajo de los 70m. y son gravas bien graduadas (GW) y gravas pobremente graduadas) (GP), presenta microtremors de alrededor de 0.10Hz, la capacidad de carga en esta zona varía desde 3.41Kg/cm<sup>2</sup> hasta 4.50Kg/cm<sup>2</sup>. y esta comprendida por las zonas geotécnicas IV y V.

Esta comprende a todo el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, parte del cercado de Tacna y parte del distrito de Pocollay; las zonas comprendidas en el cercado son: PJ. ParaGrande, PJ Para Chico, Villa Magisterial, Urb. Viv. Los Damascos, Urb. Monterrico, Urb. Santa Rosa, CPM La Natividad, PJ. Bolognesi, Parque Industrial, AH Leoncio Prado, Urb. Bacigalupo, Agrupamiento 28 de Agosto (200 casas), Agrup. Viv. Coronel Inclan (100casas), Terminal terrestre, Conjunto Habitacional Justo A. Araguez, Asoc. De Viv. Pedro Ruiz Gallo, Asoc. De Viv. Bella Vista.

### **ZONA DE AMPLIFICACION SISMICA MEDIA**

Está conformada por los depósitos de Ceniza Volcánica presente en la parte alta de la ciudad al norte del Distrito de Pocollay, geotécnicamente se encuentra conformado por suelos de arena limosa (SM), presenta microtremors de alrededor de 0.15Hz., las capacidades de carga varían desde 2.64 a 2.90 Kg/cm<sup>2</sup>, esta comprendida por la zona geotécnica denominada I.

Comprende los Terrenos del AAPITAC, Asociación de Vivienda Taller Intiorko, Cementerio General de Pocollay, Asociación de Vivienda Alto Mirador, Asociación de Vivienda Jerusalén Nueva Esperanza, Asociación de Vivienda La Colmena, Asociación de Vivienda Sol Naciente, Asociación de Vivienda Virgen de las Mercedes, Asociación de Vivienda Primavera, Urb. Villa Takana, Asoc. Vista Alegre de Pocollay; todo esto en el distrito de Pocollay.

### **ZONA DE AMPLIFICACION SISMICA ALTA**

Está conformada por depósitos aluviales y fluviales recientes, está comprendido en su totalidad por los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, así como también parcialmente el distrito de Tacna, geotécnicamente se encuentra dentro de la clasificación SUCS SM, conformada por arenas limosas de origen aluvial y fluvial.

Presenta microtremors del orden 0.25Hz y capacidades de carga del orden de 0.58 y 0.76Kg/cm<sup>2</sup>, esta comprendida por las zonas geotécnicas II y III.

Esta comprendida por los terrenos de la Asoc. De Viv. La Florida, Asoc. De Viv. Tupac Amaru, Asoc. De Viv. Juan de Dios, AA.HH. La Esperanza, P.J. Alto de la Alianza, Asoc. De Viv. Alto Bellavista en el distrito de Alto de la Alianza; también por la Asoc. De Viv. 24 de Febrero, Asentamiento Marginal Ampliación Ciudad Nueva, Asoc. Tacna Heroica, Asoc. De Viv. 2 de Febrero, Asoc. De Viv. Villa el Triunfo, Asoc. De Viv. 26 de Enero, Asoc. De Viv. 28 de Agosto en el distrito de Ciudad Nueva y por ultimo por la zona denominada Ciudad perdida, Urb. Santa Fátima, Hospital Hipólito Unanue, la Plaza de Armas y toda la Av. San Martín en el Cercado de Tacna.

### **2.5.6 CONTENIDO DE SALES TOTALES Y SULFATOS DE LOS SUELOS**

El contenido de sulfatos y de sales totales disueltas en los suelos en la ciudad de Tacna, fueron determinados tomando como base los valores obtenidos en laboratorio de muestras de suelos pertenecientes a las cinco zonas geotécnicas, tomadas estratégicamente debido al grado

de cementación que presentaron, la evaluación se hizo de acuerdo a recomendaciones de la ACI Comité 201 2R, 1982.

**TABLA N° G-02.**

**REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES CON SULFATO**

TIPOS DE EXPOSICIÓN A LOS SULFATOS	SULFATOS SOLUBLES EN AGUA (SO <sub>4</sub> ) PRESENTES EN SUELOS (% en peso)	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) EN AGUA (PPM)	TIPO DE CEMENTO RECOMENDADO	RELACION AGUA/CEMENTO RECOMENDADA concreto normal	F'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	-	-	-
Moderada	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II, IP(MS) IS(MS) IPM(MS) I(SM)(MS)	0.50	280
Severa	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45	315
Muy severa	>2.00	>10,000	V + Puzolana	0.45	315

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982

A continuación se muestran resultados de los ensayos de sales solubles y sulfatos obtenidos en laboratorio de todas las muestras ensayadas en el estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna:

**TABLA N° G-03. RESUMEN ENSAYOS DE SALES Y SULFATOS. UNJBG**

Muestra	SALES SOLUBLES		SULFATOS	
	%	Ppm	%	ppm
CALICATA CP-07	0.1560	1560	0.0389	389
CALICATA CP-10	0.1790	1790	0.0423	423
CALICATA CG-04	0.0987	987	0.0198	198



CALICATA CG-09	0.0912	912	0.0171	171
CALICATA CP-01	0.2360	2360	0.0793	793
CALICATA CG-09	0.0867	867	0.0148	148
CALICATA CA-01	0.2304	2304	0.0681	681
CALICATA CC-03	0.2420	2420	0.0642	642
CALICATA CA-03	0.2300	2300	0.0540	540
CALICATA CC-01	0.1894	1894	0.0346	346
CALICATA CT-01	0.0965	965	0.0189	189
CALICATA CT-03	0.0947	947	0.0201	201
CALICATA CT-08	0.1243	1243	0.0398	398

**En el distrito de Pocollay**, compuestas por cenizas volcánicas SM, se tienen valores máximos de 0.236 % de sales solubles y 0.0793 % en peso de sulfatos obtenidas en la calicata ubicada en la Urbanización El Mirador, y valores mínimos de 0.156 % de sales solubles y 0.0389 % en sales de sulfatos obtenida en la calicata ubicada entre las Asociaciones Primavera – Takana; para las gravas pobremente graduadas GP se tienen valores de 0.179 % para sales solubles y 0.0423 % en peso de sulfatos, obtenida de la calicata ubicada en la Asociación de Vivienda Santa Rita. El tipo de exposición a los sulfatos es DESPRECIABLE.

**En el distrito de Ciudad Nueva** compuestas de arenas limosas SM se tienen valores máximos de 0.242 % de sales solubles y 0.0642 % en peso de sulfatos obtenidas en la calicata ubicada en el Comité N° 16, y valores mínimos de 0.1894 % de sales solubles y 0.0346 % en peso de sulfatos obtenidas en la calicata ubicada en la Plaza 28 de Agosto. El tipo de exposición a los sulfatos es DESPRECIABLE.

**En el distrito de Alto de la Alianza** compuestas también por arenas limosas SM que presentan valores máximos de 0.2304 % de sales solubles y 681 % en peso de sulfatos obtenidas en la calicata ubicada en la Asociación de Vivienda La Florida, y valores mínimos de 0.230 % de sales solubles y 0.0540 % en peso de sulfatos obtenidas en la calicata ubicada en el Terminal del Altiplano. El tipo de exposición a los sulfatos es DESPRECIABLE.

**El distrito del cercado de Tacna** esta formada por dos tipos de suelos que son: arena limosa SM que presenta valores de 0.0947 % en peso de sales solubles y 0.0201 % de sulfatos obtenidos en la calicata ubicada en la Urbanización Fátima, y grava bien graduada que presenta valores máximos de 0.1243 % de sales solubles y 0.0398 % en peso de sulfatos obtenidos en la entrada del Aeropuerto Carlos Ciriani y valores mínimos de 965 % de sales

solubles con 0.0189 % en peso de sulfatos obtenidos en la Plaza Leoncio Prado. El tipo de exposición a los sulfatos es DESPRECIABLE.

**El distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa** esta formado por dos tipos de suelos que son las siguientes: una grava pobremente graduada (GP) que presenta valores máximos de 0.0987 % en peso de sales solubles con 0.0498 % en peso de sulfatos obtenidos en la plaza Jorge Chávez, valores mínimos de 0.0867 % en peso de sales solubles con 0.0148 % en peso de sulfatos obtenidos en la Asociación de Vivienda Héroes Del Cenepa; y una grava bien graduada que presenta valores de 0.124 % en peso de sales solubles con 0.0398 % en peso de sulfatos obtenida en la zona sur del distrito denominada Pampas de Viñani. El tipo de exposición a los sulfatos es DESPRECIABLE.

De la información presentada se desprende que en términos generales los suelos del área de Estudio tienen un contenido de sulfato bajo y que no ocasiona ataque de manera perjudicial al concreto siendo suficiente utilizar Cemento Pórtland Tipo I para la preparación del concreto de las estructuras de cimentación; además no se ha de producir pérdida de resistencia mecánica en los suelos por lixiviación ya que el contenido de sales totales medido no es superior a 15,000 ppm.

## CAPITULO III: HIDROLOGIA

### 3.1.0 GENERALIDADES

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie terrestre. También es un factor clave en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y a la vez tiene influencia en el progreso de la civilización. La hidrología cubre todas las fases del agua en la tierra, es una materia de gran importancia para el ser humano y su ambiente. El papel de la hidrología aplicada es ayudar a analizar los problemas relacionados con estas labores y proveer una guía para el planeamiento y el manejo de los recursos hidráulicos.

El departamento de Tacna, actualmente soporta una creciente escasez de recursos hídricos y a su vez exceso en época de avenidas extraordinarias, las cuales no son captadas ni reguladas por falta de infraestructura, así como la incertidumbre de contar con suficientes recursos económicos, que posibiliten la ejecución de los proyectos hidráulicos ya sean de aprovechamiento de recursos hídricos o de protección.

En el incansable afán de buscar y encontrar soluciones al creciente problema hídrico ya sea en déficit o exceso que caracteriza nuestra región, que constituye el principal obstáculo para el desarrollo de Tacna; cobra plena vigencia la necesidad de ejecutar estudios para obras de aprovechamiento y protección, cuya futura integración al Plan de Desarrollo de Tacna, conllevará a la solución de este álgido problema.

La presente evaluación hidrológica es primordial; debiendo ser tratada cuidadosamente para obtener resultados representativos que ayuden a tomar decisiones que garanticen la seguridad del caso en las diferentes cuencas o subcuencas involucradas.

Diversas obras de captación y derivación se han venido ejecutando para trasvasar del Altiplano a la costa los recursos hídricos en diversas épocas y períodos. Por otro lado también se han ejecutado obras de protección de riberas, limpieza de cauces, etc.

Esta concepción se sustenta, a su vez, en el hecho que no obstante el largo periodo de maduración y ejecución que ha concitado la construcción de las obras existentes, éstas con las

que se propondrán a futuro, llegarán al mismo propósito y serán integradas en un esquema que logre los objetivos preestablecidos.

### 3.1.1 ANTECEDENTES

Diversas obras de captación y derivación se han venido ejecutando para trasvasar del Altiplano a la costa los recursos hídricos en diversas épocas y períodos. Por otro lado también se han ejecutado obras de protección de riberas, limpieza de cauces, etc.

Esta concepción se sustenta, a su vez, en el hecho que no obstante el largo periodo de maduración y ejecución que ha concitado la construcción de las obras existentes, éstas con las que se propondrán a futuro, llegarán al mismo propósito y serán integradas en un esquema que logre los objetivos preestablecidos.

Diversas situaciones climatológicas desfavorables, hacen que en la Región Tacna se presenten en forma permanente y severa, restricciones en la oferta hídrica para el abastecimiento de agua potable, reducción ostensible del área agrícola bajo riego permanente y generación de energía. Entre los de mayor incidencia y los que constituyen los más grandes problemas de desarrollo sostenido en la Región, son:

- ✓ El estar ubicado en una de las zonas más áridas del planeta;
- ✓ El Régimen irregular de los ríos durante el año y los persistentes periodos de sequía
- ✓ Características de la zona por la presencia de corrientes frías entre otros factores climatológicos, que impiden la presencia de lluvias.

Estas causas generan déficit hídrico, contraviene en gran parte con la gran variabilidad de descargas que se presentan en los ríos de la costa sur del país, por ejemplo el río Sama es uno de los ríos de la costa peruana que presente la mayor variabilidad de descargas que pueden variar desde unos 0,100 m<sup>3</sup>/s hasta mas de 110 m<sup>3</sup>/s.

### 3.1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de la presente evaluación es la de proporcionar una visión de los problemas más críticos de la seguridad de las zonas aledañas a los cauces de las cuencas tratadas, las mismas que se sintetizan en:

- ✓ Evaluar Hidrológicamente la cuenca del río Caplina; que incluye las subcuencas Quebrada del Diablo, Caramolle y Uchusuma.
- ✓ Definir las zonas de riesgo de desborde e inundación para las cuencas o subcuencas estudiadas.

### **3.1.3 INFORMACIÓN RECOPIADA**

Para la elaboración del presente documento se ha utilizado la siguiente información cartográfica:

- ✓ Cartas Nacionales Aerofotogramétricas a escala 1/100 000, publicadas por el Instituto Geográfico Nacional. Estas cubren la totalidad del área de estudio.
- ✓ Fotografías Aéreas del área de estudio.

A su vez se recopiló datos hidrometeorológicos de las estaciones consideradas para el estudio el presente estudio.

### **3.2.0 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y ANÁLISIS DE LAS CUENCAS**

Las subcuencas en cuestión Quebrada del Diablo, Caramolle y Uchusuma, son conformantes de la Cuenca mayor denominada Caplina, la misma que dará las características principales de escurrimiento.

#### **3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Corresponde en forma integral a la cuenca Caplina, tiene sus nacientes en la cordillera del Barroso, y discurre sus aguas a través del valle recorriendo una estrecha franja de tierras de cultivo hasta concluir su recorrido en el océano pacífico luego de atravesar el abanico aluvial de La Yarada.

La cuenca tiene forma de un cuerpo alargado, estrechándose a medida que el río se acerca al Océano Pacífico. Sus dimensiones promedio son 100 Km., de largo y 25 de ancho; los lados que siguen su sentido longitudinal corresponden a una línea de cumbres descendentes que la separan de las cuencas del río Sama por el Norte y la Quebrada de Escritos por el Sur. Sus lados menores, limitan por el Este con la cuenca del río Uchusuma, y al Oeste con el Océano Pacífico.

Al referirnos a la subcuenca Quebrada del Diablo, Caramolle y Uchusuma, nuestro análisis lo hacemos en la cuenca mayor que corresponde a la cuenca Caplina, sobre la cual se hacen las determinaciones hidrológicas.

### **3.3.0 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN**

La cuenca del río Caplina, incluyendo el área de las nacientes de los ríos Sama y Uchusuma cuyos recursos son derivados a ella, tiene una extensión aproximada de 3 425 Km<sup>2</sup>, de la cuál en 23,9 %, o sea 820 Km<sup>2</sup>, corresponde a la denominada cuenca “himbrífera” o “húmeda”, llamada así por encontrarse por encima de la cota de los 3900 m.s.n.m., límite inferior fijado al área que se estima contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial. A su vez considerando el área de cuenca natural se ha determinado un área de 1095,75 Km<sup>2</sup>, los mismos que han sido considerados en el presente estudio, por corresponder al área de influencia de la cuenca sobre la ciudad de Tacna.

En la cuenca del río Caplina, se tienen registros de las descargas en las estaciones hidrométricas que se hallan actualmente en funcionamiento las cuales son: Estación Calientes: ubicada sobre el canal Caplina aguas abajo de la Bocatoma, cuya captación se ubica en el río del mismo nombre.

Las coordenadas geográficas son 17° 51' de Latitud sur y 70° 07' de Longitud Oeste y a una altura de 1300 m.s.n.m.

### **3.3.0 CLIMATOLOGÍA Y ECOLOGÍA**

El área de estudio, está ubicada en el extremo Sur de los Andes Peruanos, entre los 17° 44' y los 18° 00' de Latitud Sur, en niveles altitudinales entre 0 y 5800 m.s.n.m., presenta una sucesión variada de cadenas montañosas, con ríos y quebradas con una orientación general predominante de Noroeste a Sureste.

El área de estudio presenta en general un clima cálido en la costa hasta un clima frío-húmedo, propio de la región altoandina, el cual por sus condiciones extremas sólo presenta el desarrollo de pastos naturales altoandinos.

Existe dificultad para el análisis del clima de esta zona, debido a la escasez de datos locales y a la variabilidad de microclimas locales provocados por los diferentes factores geográficos, atmosféricos y geomorfológicos.

Los patrones de circulación, representados por las corrientes oceánicas, las masas de aire de la alta atmósfera, la posición astronómica sobre la tierra y las características de la superficie (altitud y exposición), constituye los factores más importantes que afectan el clima. Así mismo, los elementos climáticos locales, tales como la radiación, temperatura, precipitación, presión atmosférica, vientos, cobertura de nubes, etc.

Durante la estación del solsticio sur (Diciembre, Enero y Febrero), tanto el anticiclón del Pacífico Sur como el Anticiclón Atlántico Sur, se mueve hacia el Sur. El Anticiclón del Atlántico Sur, provoca que una masa de aire de baja presión tibia y húmeda (ciclón) se forme sobre la cuenca del Amazonas, la que induce a que la zona de convergencia intertropical (ITCZ) también migre hacia el Sur del Continente, hasta llegar a lo largo del flanco oriental de los Andes.

Los vientos provenientes del Este impulsan esta masa de aire húmedo hacia el Occidente que se enfría y se expande a medida que asciende por las laderas inferiores de las montañas; reduciendo su capacidad para retener humedad, originando lluvia en todo su trayecto.

Esta corriente de aire húmedo que atraviesa el altiplano, al descender por las laderas occidentales de los andes, acrecienta la presión barométrica y temperatura, aumentando su capacidad para retener agua. De esta manera se enrarece la precipitación aumentando la desecación por absorción de la humedad del ambiente, incidiendo en las plantas y el suelo.

En la costa el aire es cálido al borde oriental del Anticiclón del Pacífico Sur y la corriente de Humbolt, genera una zona de inversión térmica y fría a nivel del mar, que determina las condiciones desérticas de esta región, caracterizada por la ausencia de tormentas.

Durante la extensión del Solsticio Norte (de abril a septiembre) la acción del Anticiclón del Pacífico Sur y la Corriente de Humbolt, se hace más evidente al provocar lloviznas o garúas que generan pequeñas lomas, en la costa peruana.

La configuración geomorfológico, climática y cobertura vegetal del ámbito de incidencia de las Cuencas Caplina, a determinado la definición de las siguientes Unidades Bioclimáticas, tal como se muestra en el siguiente Cuadro.

*UNIDADES BIOCLIMÁTICAS CUENCA CAPLINA*

ZONA DE VIDA	SIMBOL O	ALTITU D (m.s.n.m. )	PRECI P. ANUA L (mm)	T° MEDIA ANUAL (°C)	CARACTERÍSTIC AS Y USOS
DESIERTO DESECADO TEMPLADO CALIDO	dd-Tc	0-400	0-25	17-22	Pampas áridas con Tilandsiales e Irrigaciones
DESIERTO	dp-Ms	400-800	0-25	12-24	Pampas áridas con Tilandsiales e Irrigaciones
DESIERTO SUPERARIDO TEMPLADO CALIDO	ds-Tc	800- 2.600	50-70	13-17	Colinas y pampas áridas sin vegetación y Valles agrícolas
DESIERTO PERARIDO MONTANO TEMPLADO CALIDO	dp-Mtc	2.600- 3.400	50-70	9-13	Colinas áridas sin vegetación. Valles agrícolas y
DESIERTO ARIDO MONTANO TEMPLADO CALIDO	da-Mtc	3.400- 3.600	70-100	6,5-12	Colinas y montañas áridas con cactáceas y Quebradas con cultivos,
MATORRAL DESÉRTICO MONTANO TEMPLADO CALIDO	md-Mtc	3.600- 3.800	100-120	6,5-12	Montañas con Cactáceas, tolares y ganadería
MATORRAL DESÉRTICO SUBALPINO TEMPLADO CALIDO	md-Satc	3.800- 4.600	100-200	3-5	Montañas con Tolares, pajonales y ganadería vacunos y caprinos
PARAMO HUMEDO SUB-ALPINO SUB TROPICAL	ph-Sas	4.200- 4.600	300-550	3-6,5	Meseta con Pajonales, tolares, bofedales, queñuales y ganadería camélidos.
PARAMO HUMEDO SUB-ALPINO TEMPLADO CALIDO	ph-Satc	4.200- 4.600	300-400	3-6,5	Meseta con Pajonales, tolares, queñuales y ganadería camélidos
TUNDRA HUMEDA ALPINO TEMPLADO CALIDA	th-Atc	4.500- 4.900	200-300	1,5-3	Montañas con Yaretales y pajonales con guanaco y vicuñas.
TUNDRA MUY HUMEDA ALPINO SUB-TROPICAL	tmh-As	4.450- 4.950	300-550	1,5-3	Montañas con Yaretales y pajonales con vicuñas y suri
TUNDRA MUY HUMEDA ALPINO TEMPLADO CALIDO	Tmh-Atc	4.450- 4.950	300-550	1,5-3	Montañas con Yaretales y pajonales con vicuñas y suri
NIVAL TEMPLADO		4.850-			Montañas con



CALIDO	N-Tc	5.700	300-550	1,5	Glaciares y nevadas
NIVAL TROPICAL	SUB- N-S	4.850- 5.700	300-200	1,5	Montañas con Glaciares y nevadas

Fuente: ONERN; Mapa Ecológico del Perú y Evaluación de los Recursos Naturales de las Cuencas Caplina, Sama y Locumba.

### **Desierto Desecado Templado Cálido (dd-Tc)**

Esta Unidad Bioclimática se encuentra en la parte costanera baja correspondiente a la Cuenca del río Caplina, extendiéndose desde el litoral marítimo, hasta 400 m.s.n.m. Se caracteriza por un clima desecado con temperaturas semi-cálidas, precipitaciones pluviales menores a 25 mm y temperaturas entre 17 y 22 °C.

Comprende las pampas de La Yarada, Los Palos y Hospicio, con la presencia de la brisa marina y la actividad eólica; con afloramientos de las aguas subterráneas, formando los gramadales salinos del litoral. Los usos importantes son la agricultura de olivares, maíz chala, ají páprika, etc. Así como, la ganadería de vacunos.

En esta zona se destaca la presencia importante de la avifauna marítima y las actividades de la pesquería artesanal, basada en la extracción de la macha y los peces costeros.

### **Desierto (dp-Ms)**

Esta Unidad Bioclimática se encuentra en la zona entre los 400 y 800 mm. Con precipitaciones entre 0 y 25 mm/año y temperaturas de 12 a 24 °C. Se caracteriza por una morfología plana, colinosa y las montañas bajas de la Cordillera Costanera.

Esta configuración permite la presencia de neblinas de junio a octubre, que permite el desarrollo de una vegetación típica de Lomas, con pajonales que sustentan actividades pecuarias temporales; siendo de mayor potencial cuando ocurren años muy húmedos y el fenómeno El Niño.

Los usos socioeconómicos más importantes son las irrigaciones en los valles y pampas, representativos de los valles costeros del Sur del Perú; muy apropiados para los frutales (vid, damasco, etc.), olivares, ají páprika, etc.

### **Desierto Super Árido Templado Cálido (ds-Tc)**

Esta Unidad Bioclimática se encuentra por encima de la anterior, entre 800 y 2.600 m.s.n.m. Presenta un clima super árido y templado cálido, con temperaturas moderadas entre 13 y 17 °C, con temperaturas mínimas extremas de 5,4 °C y precipitaciones muy bajas, alrededor de 50 a 70 mm. Anuales.

Morfológicamente presenta medios planos, colinas y montañas bajas super áridas, de relieve moderado a accidentado. Casi sin cobertura vegetal.

Los principales usos en esta Unidad Bioclimática son la agricultura con riego, de frutales y pan llevar.

### **Desierto Per Árido Montano Templado Cálido (dp-Mtc)**

La Zona del desierto per. árido, se encuentra entre los 2.600 y 3.400 m.s.n.m.; en el que ocurren precipitaciones pluviales entre 50 y 70 mm/año; temperaturas medias entre 9 y 13 °C. Donde predomina la insolación y la humedad relativa muy baja.

El relieve es montañoso bajo, con laderas abruptas; con quebradas y valles secos, con escorrentía excepcional en forma de huaycos. La cobertura vegetal está representada por las suculentas, variando de muy dispersas en las partes bajas hasta densas con matorrales y pajonales en las partes altas. Esta unidad es casi sin uso, debido a las limitaciones morfológicas y climáticas áridas.

### **Desierto Árido Montano Templado Cálido (da-Mtc)**

El desierto árido se encuentra entre los 3.400 y 3.600 m.s.n.m.; con temperaturas entre 6,5 y 12 °C; así como, precipitaciones entre 70 y 100 mm/año. Predominando la aridez del territorio.

Morfológicamente está formada por montañas con laderas abruptas áridas, con cobertura de cactáceas, matorrales ralos y pajonales secos.

En esta Unidad se practica la ganadería de caprinos en forma temporal.

**Matorral Desértico Montano Templado Cálido (md-Mtc)**

Se encuentra por encima del desierto árido, entre 3.600 y 3.800 m.s.n.m. Con un clima semi-árido y templado frío; temperaturas promedio de 6,5 a 12 °C, llegando en los meses de junio y julio a temperaturas bajo cero grados centígrados. Las precipitaciones varían entre 100 y 150 mm/año.

Morfológicamente está formada por montañas semi-áridas accidentadas, quebradas y valles secos, con escorrentía excepcional y huaycos.

La cobertura vegetal está representada por las cactáceas, Chilgua y malezas leñosas arbustivas y en los fondos de los valles el molle.

Los usos más importantes son los cultivos de orégano, maíz, habas, papas, alfalfa; que sustentan la ganadería de vacunos y cuyes; así como el pastoreo de pajonales con cabras y ovinos.

**Matorral Desértico Sub Alpino Templado Cálido (md-Satc)**

Se encuentra a continuación del matorral desértico Montano, entre los 3.800 y 4.600 m.s.n.m.; con precipitaciones entre 100 y 120 mm/año; temperaturas medias anuales entre 3 y 5 °C.

Se ubica en las partes altas de las montañas de la cordillera Huaylillas, con laderas de modelado moderado; con una cobertura vegetal de malezas leñosas arbustivas, Chilgua y pajonales densos secos e hidromórficos.

Los usos de esta Unidad son el pastoreo de la ganadería de vacunos, ovinos y caprinos; así como, la reserva de guanaco, que se encuentra en vías de extinción.

**Páramo Húmedo Sub-Alpino Sub-Tropical (ph-Sas)**

Se encuentra por encima del matorral, extendiéndose desde 4.200 hasta los 4.600 m.s.n.m.; con un clima húmedo y frígido, caracterizado por precipitaciones pluviales entre 300 y 550

mm/año; temperaturas promedio entre 3 y 6,5 °C; siendo estables las temperaturas de congelación.

Morfológicamente corresponde a la meseta altoandina, formada por planicies y montañas volcánicas con características periglaciales.

La cobertura vegetal está representada por los pajonales altoandinos, los bofedales, tolares y los queñuales; constituyendo el recurso socioeconómico más importante de la zona altoandina para el desarrollo de las comunidades campesinas locales. El uso más importante es la ganadería de camélidos en los pajonales naturales alto andinos.

### **Páramo Húmedo Sub-Alpino Templado Cálido (ph-Satc)**

Esta Unidad Bioclimática es de las mismas características que la anterior; siendo un tanto más cálida que la anterior, por la influencia de las Unidades Bioclimáticas de la vertiente occidental en proceso de desertificación.

### **Tundra Húmeda Alpino Templado Cálida (th-Atc)**

Esta Unidad Bioclimática, se encuentra entre los 4.500 y 4.900 m.s.n.m.; precipitaciones entre 200 y 300 mm/año; temperaturas entre 1,5 y 3 °C. En esta Unidad son estables las temperaturas de congelamiento. La morfología corresponde a montañas altas con laderas rocosas abruptas con incidencia de los procesos glaciales.

### **Tundra Muy Húmeda Alpino Sub-Tropical (tmh-As)**

Esta Unidad Bioclimática se encuentra por encima del páramo, formando zonas circulares a los nevados y picos montañosos, desde los 4.550 m.s.n.m. hasta los 4.950 m.s.n.m. Con un clima per-húmedo muy frío, definido por temperaturas medias entre 1,5 y 3 °C, manteniendo bajo el grado de congelación durante las noches y precipitaciones medias superiores a 480 mm, siendo con frecuencia de tipo sólido o granizadas y nevadas.

La cobertura vegetal es representada por los yaretales, los musgos y líquenes.

El uso primordial es la fuente de recursos energéticos y medicinales, como la yareta y otras especies.

### **Tundra muy Húmeda Alpino Templado Cálido (tmh-Atc)**

Esta Unidad tiene las mismas características que la anterior, variando a templado cálida; por la influencia de la desertificación del Sur.

### **Nival Templado Cálido y Nival Sub-Tropical (N-S y N-Tc)**

Corresponde a la zona glaciar y periglaciario, entre los 4.850 y 5.700 msnm, influenciada por la desertificación que avanza desde el Sur del Continente Sudamericano.

## **3.3.0 HIDROMETEOROLOGÍA**

### **3.3.1 HIDROGRAFÍA**

Las nacientes del río Caplina corresponden a la vertiente del Pacífico, se ubican próximos a la divisoria de las aguas, desplazándose predominantemente en dirección Noreste-Sureste.

El régimen del río es torrencioso y muy irregular, con marcadas diferencias entre sus descargas extremas, siendo alimentados en el verano Austral por precipitaciones pluviales, período en el que se concentra el 75% de las descargas, y el resto del año por deshielo de glaciales y/o la descarga de los acuíferos de agua subterránea.

### **3.3.2 BANCO DE DATOS DISPONIBLE**

Para el análisis climático, existen una serie de registros de datos hidrometeorológicos, los cuales corresponden a descargas medias, máximas y mínimas, registros de datos de precipitación, evaporación, temperaturas, velocidad de viento y otros. La cuenca Caplina cuenta con 44 registros, con registros que datan del año 1952 en el caso de los más antiguos. Las estaciones involucradas en el ámbito de la cuenca son las que se muestran en el siguiente cuadro. El banco de datos Hidrometeorológico disponible de la cuenca se muestra en el Anexo No. 01.

#### *ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS CAPLINA*

No.	CUENCA	VARIABLE HIDROLOGICA	CODIGO	CODIGO	ESTACION	NORTE	ESTE	ALTITUD	PER. REGISTRO	FUENTE
1	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121100</a>	19121100	CALANA	8017500	375800	848	1964 / I - 1998 - XII	SENAMHI - TACNA
2	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121101</a>	19121101	LA YARADA	7984800	353000	58	1972 / V - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
3	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121102</a>	19121102	MAGOLLO	8002000	356000	288	1964 / I - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
4	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121103</a>	19121103	CALIENTES	8022950	381850	1325	1964 / I - 1989 / XII	SENAMHI - TACNA
5	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121104</a>	19121104	PALCA	8034800	398400	3142	1965 / II - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
6	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121105</a>	19121105	TOQUELA	8048500	402000	3650	1964 / I - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
7	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121106</a>	19121106	LLUTA	8026850	391300	1950	1964 / I - 1966 / VIII	SENAMHI - TACNA
8	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121107</a>	19121107	CORPAC			875	1950 / I - 1972 / IV	SENAMHI - TACNA
9	CAPLINA	PRECIPITACION TOTAL	<a href="#">19121108</a>	19121108	JORGE BASADRE			560	1993/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
10	CAPLINA	DESCARGAS MEDIAS	<a href="#">19121113</a>	19121113	CALIENTES	8022950	381850	1300	1939 / I - 1999 / IV	SENAMHI - TACNA
11	CAPLINA	DESCARGAS MAXIMAS	<a href="#">19121123</a>	19121123	CALIENTES	8022950	381850	1300	1959 / I - 1999 - IV	SENAMHI - TACNA
12	CAPLINA	DESCARGAS MINIMAS	<a href="#">19121133</a>	19121133	CALIENTES	8022950	381850	1300	1959 / I - 1999 - IV	SENAMHI - TACNA
13	CAPLINA	EVAPORACION TOTAL	<a href="#">19121140</a>	19121140	CALANA	8017500	375800	875	1964 / I - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
14	CAPLINA	EVAPORACION TOTAL	<a href="#">19121148</a>	19121148	JORGE BASADRE			560	1993/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
15	CAPLINA	EVAPORACION TOTAL	<a href="#">19121142</a>	19121142	MAGOLLO			288	1995/ VIII - 1998/X	SENAMHI - TACNA
16	CAPLINA	EVAPORACION TOTAL	<a href="#">19121141</a>	19121141	LA YARADA	7984800	353000	58	1972 / V - 1998 / X	SENAMHI - TACNA
17	CAPLINA	TEMPERATURA MEDIA	<a href="#">19121151</a>	19121151	LA YARADA	7984800	353000	58	1972/III - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
18	CAPLINA	TEMPERATURA MEDIA	<a href="#">19121158</a>	19121158	JORGE BASADRE			560	1993/II - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
19	CAPLINA	TEMPERATURA MEDIA	<a href="#">19121150</a>	19121150	CALANA	8017500	375800	848	1964/I-1998/XII	SENAMHI - TACNA
20	CAPLINA	TEMPERATURA MEDIA	<a href="#">19121157</a>	19121157	CORPAC			468	1950 / V - 1972 / IV	SENAMHI - TACNA
21	CAPLINA	TEMPERATURA MAXIMA	<a href="#">19121163</a>	19121163	CALIENTES	8022950	381850	1300	1996 / V I - 1998 / XI	SENAMHI - TACNA
22	CAPLINA	TEMPERATURA MAXIMA	<a href="#">19121160</a>	19121160	CALANA	8017500	375800	848	1964 / I - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
23	CAPLINA	TEMPERATURA MAXIMA	<a href="#">19121162</a>	19121162	MAGOLLO	8002000	356000	288	1995/ VIII - 1998/X	SENAMHI - TACNA
24	CAPLINA	TEMPERATURA MAXIMA	<a href="#">19121161</a>	19121161	LA YARADA	7984800	353000	58	1972 / V - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
25	CAPLINA	TEMPERATURA MAXIMA	<a href="#">19121167</a>	19121167	CORPAC			848	1950 / V - 1972 / IV	SENAMHI - TACNA
26	CAPLINA	TEMPERATURA MINIMA	<a href="#">19121171</a>	19121171	LA YARADA	7984800	353000	58	1972 / V - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
27	CAPLINA	TEMPERATURA MINIMA	<a href="#">19121178</a>	19121178	JORGE BASADRE			560	1993/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
28	CAPLINA	TEMPERATURA MINIMA	<a href="#">19121170</a>	19121170	CALANA	8017500	375800	848	1964/I-1998/XII	SENAMHI - TACNA
29	CAPLINA	TEMPERATURA MINIMA	<a href="#">19121172</a>	19121172	MAGOLLO	8002000	356000	288	1995/ VIII - 1998/X	SENAMHI - TACNA
30	CAPLINA	TEMPERATURA MINIMA	<a href="#">19121177</a>	19121177	CORPAC			468	1950 / V - 1972 / IV	SENAMHI - TACNA
31	CAPLINA	TEMPERATURA MINIMA	<a href="#">19121173</a>	19121173	CALIENTES	8022950	381850	1300	1996 / V I - 1998 / XI	SENAMHI - TACNA
32	CAPLINA	HUMEDAD RELATIVA	<a href="#">19121181</a>	19121181	LA YARADA	7984800	353000	58	1972 / V - 1998 / XII	SENAMHI - TACNA
33	CAPLINA	HUMEDAD RELATIVA	<a href="#">19121182</a>	19121182	MAGOLLO	8002000	356000	288	1995/VIII - 1998/X	SENAMHI - TACNA
34	CAPLINA	HUMEDAD RELATIVA	<a href="#">19121188</a>	19121188	JORGE BASADRE			560	1993/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
35	CAPLINA	HUMEDAD RELATIVA	<a href="#">19121180</a>	19121180	CALANA			848	1964/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
36	CAPLINA	HUMEDAD RELATIVA	<a href="#">19121183</a>	19121183	CALIENTES			1325	1996/VI - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
37	CAPLINA	VELOCIDAD DEL VIENTO	<a href="#">19121191</a>	19121191	LA YARADA	7984800	353000	58	1972 /V-1998/ XII	SENAMHI - TACNA
38	CAPLINA	VELOCIDAD DEL VIENTO	<a href="#">19121198</a>	19121198	JORGE BASADRE			560	1993/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
39	CAPLINA	VELOCIDAD DEL VIENTO	<a href="#">19121190</a>	19121190	CALANA			848	1980/I - 1998/XII	SENAMHI - TACNA
40	CAPLINA	PRESION ATMOSFERICA	<a href="#">19121328</a>	19121328	JORGE BASADRE			560	1993/X-1998/XII	SENAMHI - TACNA
41	CAPLINA	PRESION ATMOSFERICA	<a href="#">19121320</a>	19121320	CALANA			848	1964/V-1998/XII	SENAMHI - TACNA

### 3.3.3 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD O CONSISTENCIA

Con la finalidad de conocer la calidad de los datos disponibles ha ser empleados en el estudio, se ha realizado las pruebas estadísticas de rigor, para verificar la homogeneidad o consistencia de los datos hidrometeorológicos, lo cuál es muy importante cuando se va ha utilizar información hidrometeorológica en estudios ya sea de aprovechamiento o de protección contra posibles daños que pueda causar el agua.

La aplicación de técnicas estadísticas en hidrología es bastante frecuente, en el caso de los test de “Homogeneidad o Consistencia y en el “Análisis de Frecuencias y Pruebas de Ajuste de Datos Hidrológicos”. En tal sentido se desarrolló estas aplicaciones a los datos disponibles de la zona de estudio.

Las causas principales de pérdida de homogeneidad son las siguientes:

- Cambio en la estación de toma de datos (pluviómetro, pluviógrafo, limnómetro, limnógrafo, etc).
- Cambio en forma de exposición del instrumento (para el caso de limnómetros, pluviómetros y pluviógrafos).
- Cambio en el proceso de observación o reemplazo del observador.
- Construcción de embalses en las cercanías.
- Deforestación y Reforestación en la zona.
- Instalación de nuevas áreas de cultivos en los alrededores.
- Industrialización de zonas circundantes.

Generalmente en los análisis climatológicos se utiliza el término homogeneidad de la serie y en los análisis hidrológicos se emplea el término consistencia, siendo ambos términos sinónimos.

Luego del análisis estadístico realizado, se llegó a concluir que los datos de las estaciones seleccionadas para el análisis en la zona de estudio son en su gran mayoría consistentes u homogéneas, lo cuál garantizará los resultados obtenidos.

En tal sentido luego del análisis de homogeneidad o consistencia aplicado a los datos de precipitación de las estaciones inmersas en la zona de estudio se obtuvo que las estaciones Calientes, La Yarada, Calana, Palca, Toquela, Magollo y CORPAC, son homogéneas en la media y varianza. Cabe destacar que los resultados que se presentan en el anexo respectivo validan la conclusión descrita, excepto que la prueba de homogeneidad de Helmer, arrojó series no homogéneas, pero a su vez se practicaron pruebas paramétricas que pueden validar tal conclusión sobre la homogeneidad de las series de precipitación para las estaciones seleccionadas.

### **3.3.4 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS HIDROLÓGICAS**

El análisis de frecuencias es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de eventos pasados o futuros. De este modo la presentación gráfica de la probabilidad, con o sin suposiciones de distribuciones de probabilidad, es un método de análisis de frecuencias.

El análisis de frecuencias de datos hidrológicos requiere que los datos sean homogéneos e independientes. La restricción de homogeneidad asegura que todas las observaciones provengan de la misma población (por ejemplo que la estación hidrométrica de un río no haya sido movida, que la cuenca hidrográfica no haya sido urbanizada, o que no se hayan colocado estructuras hidráulicas en la corriente principal o sus más importantes tributarios). La restricción de independencia asegura que un evento hidrológico, tal como una gran tormenta aislada, no entre en el conjunto de datos más de una vez.

El análisis de frecuencias hidrológicas puede ser llevado a cabo haciendo o sin hacer suposición alguna de distribuciones de probabilidad. El procedimiento que debe ser seguido en cualquier caso es casi el mismo.

Si se hacen suposiciones de distribuciones probabilísticas, la magnitud de los eventos para varios períodos de retorno se selecciona de la línea de “mejor ajuste”, de acuerdo con la distribución supuesta.

En el caso de frecuencias hidrológicas, esta técnica estadística fue aplicada a la serie de descargas mínima, media y máxima de la estación Calientes para la totalidad de la serie que data del año 1939.



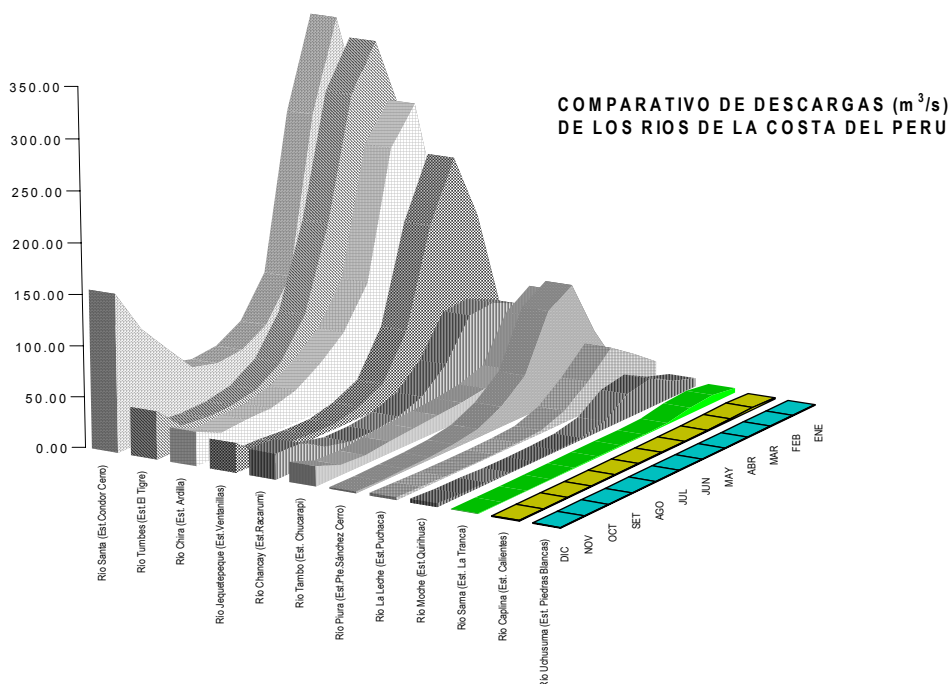
Para los datos del registro existente del río Caplina, específicamente la Estación Bocatoma Calientes, se realizó el análisis de Frecuencias Hidrológicas, con la finalidad de obtener la distribución de mejor ajuste para la proyección de descargas máximas a diferentes períodos de retorno, sobre lo cuál se ensayaron los siguientes modelos de distribución teórica: Gumbel I, Log-Normal, Log Normal Tres Parámetros, Log-Pearson Tres Parámetros.

Luego de realizado el análisis de frecuencias hidrológicas apoyados en la prueba estadística Chi-cuadrado se concluye que los datos de descargas de la estación Calientes se ajustan a una distribución Log-Normal, la misma que será utilizada para determinar las descargas máximas a diferentes períodos de retorno.

### 3.4.0 HIDROLOGÍA

#### 3.4.1 ASPECTOS GENERALES

Actualmente el recurso hídrico es motivo de preocupación a nivel mundial, debido a la disminución paulatina de su disponibilidad y al crecimiento vertiginoso de su demanda. Su escasez adquiere en nuestro país características muy especiales de variabilidad espacial y temporal, condicionadas por la configuración físico-geográfica de nuestro territorio, lo que limita de por sí el desarrollo socio-económico, es mas, en el sur del país nos encontramos en una zona de condiciones climáticas muy especiales que hacen que las descargas de nuestros ríos sean muy bajas respecto a los ríos de la parte centro y norte de nuestro país, dicha afirmación se visualiza en el siguiente gráfico:



El agua es un factor determinante en el desarrollo de los pueblos, motivo por el cuál es necesario su adecuado manejo.

Al sur del Perú, en el departamento de Tacna, la oferta hídrica actual no abastece los requerimientos actuales por lo que se presenta un estado de déficit que no ha sido superado a la fecha. Concientes de esta problemática recurrimos a la ingeniería para evaluar la calidad de vida frente al aprovechamiento económico, teniendo en cuenta que la explotación de un recurso natural es rentable en la medida que pueda ser recuperado.

Es importante recalcar, que no sólo es el problema de déficit hídrico, sino también la presencia de excedentes de baja recurrencia pero alta capacidad de erosión y transporte, en tal sentido la geomorfología superficial de la cuenca se desarrolla con la finalidad de exponer la terminología e índices con los cuales el hidrólogo define y analiza a una cuenca hidrográfica, para describir sus principales características físicas, que condicionan su comportamiento hidrológico, desarrollando los diversos métodos de cálculo y presentación de resultados.

El estudio morfológico realizado comprende el estudio de las formas superficiales y en ese sentido la geomorfología estudia y pretende cuantificar determinados rasgos propios de la superficie terrestre. En este caso determinar las características de escurrimiento de las subcuencas de la zona de estudio, correlacionado con los resultados obtenidos para la cuenca global que corresponde a la cuenca Caplina. Esto debe ser correlacionado necesariamente con factores climáticos para obtener una idea completa de la situación y los mecanismos de funcionamiento del sistema

### **3.4.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA CAPLINA**

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca que caracterizan las condiciones de escurrimiento de la cuenca son: Orden de corrientes, Frecuencia de los ríos (ríos/Km<sup>2</sup>), Longitud del Cauce (Km), Altitud Media de la Cuenca (msnm), Curva Hipsométrica, distribución de frecuencias, Pendiente Media de la Cuenca (m/m o %), Pendiente Media y Pendiente Equivalente Constante del Cauce Principal (m/m o %), Densidad de Drenaje

(Km/Km<sup>2</sup>), Coeficiente de Compacidad, Factor de Forma, Extensión Media de Escurrimiento Superficial (m), Coeficiente de Torrencialidad (ríos/Km<sup>2</sup>).

La determinación de los valores de los parámetros indicados, definitivamente nos dan una idea clara de las características de escurrimiento de la cuenca en cuestión, correlacionada con las condiciones de pluviosidad de la zona.

✓ ***Orden de corrientes***

El río Caplina tiene una clasificación ordinal de 5, esto también es entendido como orden de corrientes y corresponde al mismo de clasificación.

✓ ***Frecuencia de los ríos (ríos/Km<sup>2</sup>)***

Se han contabilizado 256 cauces, para una cuenca colectora de 1095, 75 Km<sup>2</sup>, por lo que la frecuencia de los ríos es de 0.23 ríos/K m<sup>2</sup>.

✓ ***Longitud del Cauce (Km)***

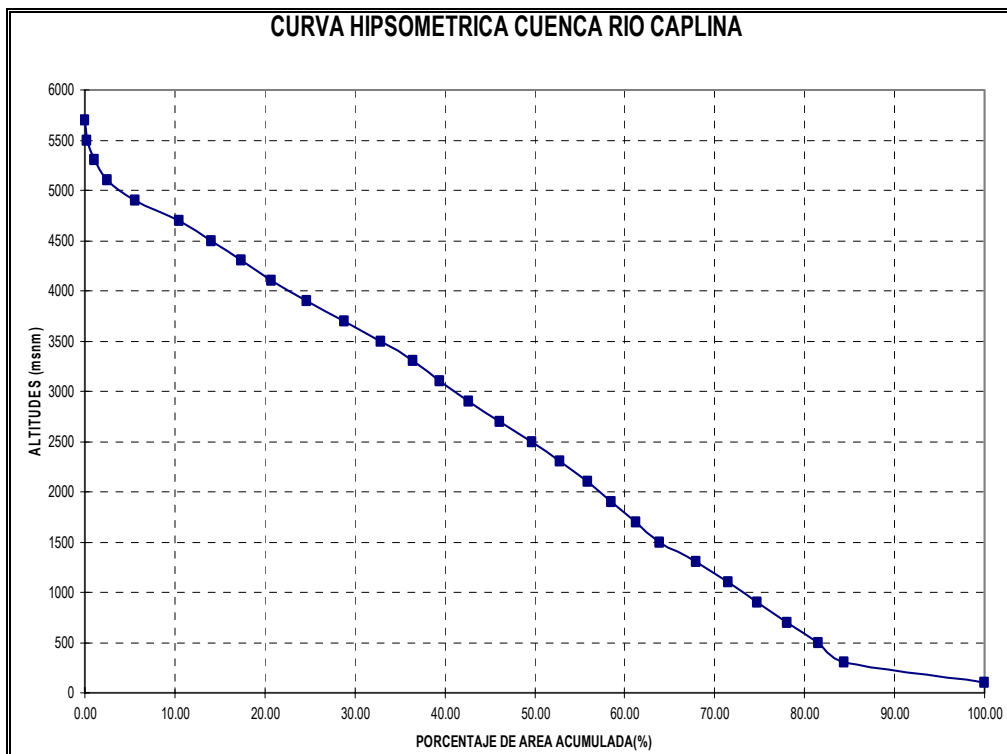
El río Caplina desde sus nacientes en la quebrada Piscullane hasta la entrega al océano pacífico tiene una longitud de 118,0 Km.

✓ ***Curva Hipsométrica***, distribución de frecuencias y Altitud Media de la Cuenca (msnm).

La altitud media de la cuenca está considerada a partir de los 0,00 msnm hasta los 5800 msnm, altura máxima de la cuenca y se obtiene una altitud media de la cuenca de 2347,43 msnm. La curva hipsométrica de la cuenca Caplina se muestra en el siguiente cuadro:

CURVA HIPSOMETRICA CUENCA RIO CAPLINA						
COTAS INTERVALO DE CLASE (msnm)		COTA MEDIA INTERVALO DE CLASE (msnm) (2)	AREA PARCIAL (Km <sup>2</sup> ) (3)	AREA ACUMULADA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE AREA ACUM. (%)	PRODUCTO (*) (2)x(3)
5800	5600	5700	0.41	0.41	0.04	2337.00
5600	5400	5500	2.79	3.20	0.29	15345.00
5400	5200	5300	8.63	11.83	1.08	45739.00
5200	5000	5100	15.47	27.30	2.49	78897.00
5000	4800	4900	34.03	61.33	5.60	166747.00
4800	4600	4700	53.36	114.69	10.47	250792.00
4600	4400	4500	39.92	154.61	14.11	179640.00
4400	4200	4300	36.37	190.98	17.43	156391.00
4200	4000	4100	36.09	227.07	20.72	147969.00
4000	3800	3900	43.35	270.42	24.68	169065.00
3800	3600	3700	45.96	316.38	28.87	170052.00
3600	3400	3500	43.89	360.27	32.88	153615.00
3400	3200	3300	38.92	399.19	36.43	128436.00
3200	3000	3100	33.73	432.92	39.51	104563.00
3000	2800	2900	34.96	467.88	42.70	101384.00
2800	2600	2700	38.08	505.96	46.17	102816.00
2600	2400	2500	38.53	544.49	49.69	96325.00
2400	2200	2300	33.82	578.31	52.78	77786.00
2200	2000	2100	33.78	612.09	55.86	70938.00
2000	1800	1900	29.72	641.81	58.57	56468.00
1800	1600	1700	29.79	671.60	61.29	50643.00
1600	1400	1500	28.43	700.03	63.89	42645.00
1400	1200	1300	44.59	744.62	67.96	57967.00
1200	1000	1100	38.94	783.56	71.51	42834.00
1000	800	900	34.87	818.43	74.69	31383.00
800	600	700	36.83	855.26	78.05	25781.00
600	400	500	38.24	893.50	81.54	19120.00
400	200	300	31.40	924.90	84.41	9420.00
200	0	100	170.85	1095.75	100.00	17085.00
TOTAL			1095.75			2572183.00
					PENDIENTE MEDIA	2347.43

\* Producto Utilizado para determinar la altitud media de la cuenca.



✓ ***Pendiente Media de la Cuenca (m/m o %)***

La pendiente media de la cuenca ha sido determinada utilizando un desnivel constante de 100 m. entre curvas de nivel, la misma que arroja un valor de 31.62%.

✓ ***Pendiente Media y Pendiente Equivalente Constante del Cauce Principal (m/m o %)***

Se ha determinado que la pendiente media del río Caplina (Cauce principal), es 3,95% y la pendiente Equivalente Constante es 2,55%.

✓ ***Densidad de Drenaje (Km/Km<sup>2</sup>)***

Utilizando la el dato obtenido de área de la cuenca de 1095,75 Km<sup>2</sup> y una longitud total de los cauces de 682,00 Km, se tiene una densidad de drenaje de 0,62 Km/Km<sup>2</sup>.

✓ ***Coefficiente de Compacidad***

Este coeficiente se determina con el área de la cuenca y el perímetro de la misma que es de 254,80 Km, obteniéndose un coeficiente de compacidad de 2,16. Este valor corresponde a la configuración de una cuenca de forma alargada.

✓ ***Factor de Forma***

Habiéndose identificado y obtenido la longitud axial del cauce principal de aproximadamente 118 Km, se obtiene un factor de forma de 0,079.

✓ ***Extensión Media de Escurrimiento Superficial (m)***

Con el área de la cuenca correspondiente a 1095,75 Km<sup>2</sup> y una longitud total de cauces de 682,00 Km, se obtiene una extensión media de escurrimiento de 401 m.

✓ ***Coefficiente de Torrencialidad (ríos/Km<sup>2</sup>)***

Se ha determinado un total de 129 ríos de primer orden, con respecto al área de la cuenca, se obtiene un coeficiente de torrencialidad de 0,12 ríos/ Km<sup>2</sup>.

### **3.4.3 CORRELACIÓN GEOMORFOLOGÍA Y PLUVIOSIDAD**

La pluviosidad asociada al fenómeno El Niño, produce la erosión en la zona más árida de la Cuenca Caplina; desde Tacna hasta los 2.000 m.s.n.m, produciendo erosión y formación de

huaycos que pueden bajar por las quebradas Uchusuma, Viñani, Las Salinas, Escritos, Del Diablo, Caramolle, etc.

Este fenómeno puede afectar a la ciudad de Tacna, en los Conos Norte y Sur; así como, la toma Chuschuco, por la quebrada de la margen izquierda.

### **3.5.0 EL FENÓMENO EL NIÑO**

El Fenómeno El Niño es un conjunto de eventos hidrológicos cuya naturaleza no está aún claramente definida, como tampoco su magnitud, frecuencia e intensidad. Por esto, en el caso de los ríos de la Vertiente del Pacífico, es difícil realizar predicciones y/o certezas sobre los eventos extremos basados únicamente sobre resultados estadísticos de series hidrológicas, aun cuando existieran períodos de registro máximo de 80 años, pues la frecuencia de aparición de los valores extremos está sujeta a incertidumbres en razón del corto período de registro de la muestra estadística.

Las investigaciones históricas y prehistóricas hechas por varios autores, conducen a estimar el periodo de retorno de los dos últimos fuertes Niños a 50 años, con todas las debidas reservas. En última instancia, la selección del período de retorno de eventos hidrológicos extremos, para definir el diseño de obras de infraestructura de servicios y/o de producción (presas, puentes, canales, acueductos, redes de agua y alcantarillado, etc.) va a depender de los costos y del interés económico y social que la protección de tales obras significa para la sociedad.

En lugar de optar y seleccionar un único período de retorno para las obras de infraestructura en función de sus tipos y costos, puede ser mejor definir y analizar diferentes escenarios de protección de las obras, sobre la base de estudios específicos de costo-beneficio y de este modo, optimizar la selección del diseño hidrológico de las obras.

Frente a la incertidumbre subyacente a la magnitud y frecuencia del Fenómeno El Niño, así como a los resultados de los análisis desarrollados en el presente estudio, para la definición y determinación del diseño hidrológico de las obras hidráulicas a las que hubiera lugar, es recomendable optar por soluciones que tienden a reducir sistemáticamente el factor riesgo inherente a la presencia de eventos hidrológicos extremos, permitiendo así manejar las consecuencias de eventos excepcionales en vez de sufrirlas.

Las soluciones para reducir el factor riesgo pueden ser diversas y variadas. Pueden haber soluciones simples y de bajo costo, como también complejas y de difícil aplicación. En cualquier caso, las soluciones que tienden a reducir el factor riesgo siempre serán alternativas técnica y económicamente viables frente a la incertidumbre de los eventos hidrológicos extremos.

Se debe reducir al mínimo los obstáculos hidráulicos en el lecho mayor (haciendo obras de descarga cuando la carretera está más alta que el terreno natural), tanto como en el lecho menor (minimizando el número de pilares de puentes, o secciones reducidas como en el caso de la defensa de Calana, evitando reducciones importantes de la sección).

### **3.5.1 PROBLEMÁTICA DE LA EVOLUCIÓN DEL FENÓMENO EL NIÑO**

Su intensidad sobre la Costa Peruana se puede predecir con confiabilidad sólo con 3 ó 4 meses de anticipación, si bien es cierto se puede conocer con 6 meses o hasta 1 año de anticipación sin la certeza de ocurrencia del fenómeno, a partir de indicadores climatológicos y oceanográficos.

Así la ocurrencia de 2 eventos El Niño muy fuertes puede ser la señal de un aumento de este tipo de eventos catastróficos, pero puede ser también el resultado de una «casualidad», porque la probabilidad de ocurrencia de estos dos eventos cercanos es de un 10 % (probabilidad de ocurrencia de dos eventos con periodo de retorno de 50 años con 30 años de observación). En el siglo pasado, se destacaron la presencia del Fenómeno El Niño en dos años consecutivos en 1877 y de 1878 seguidos por dos otros años muy fuertes en 1884 y en 1891.

En la situación actual, supuestamente envuelta en el cambio climático global, esto podría significar un recrudecimiento de eventos fuertes. No existe certeza en cuanto al impacto del cambio climático global sobre el Fenómeno El Niño.

Existen evidencias de ocurrencia del Fenómeno El Niño más fuertes que los Niños del siglo 20, que hemos llamado Mega-Niños. Esos eventos han afectado toda la Costa Peruana, y no sólo en la Costa Norte, provocando modificaciones profundas de valles (aportes enormes de sedimentos), y a la vez desaparición de culturas preincaicas bastante desarrolladas.

En resumen, es claro que no sabemos cómo podría evolucionar la frecuencia de los fuertes eventos El Niño.

Se señala que el período de retorno de los dos últimos eventos (83 y 98) se evalúa a 50 años, tomando en cuenta investigaciones científicas sobre datos históricos y paleoclimáticos. Tampoco se puede descartar la posibilidad de un cambio climático global que afectaría mucho la evolución de El Niño.

El cambio climático global podría ya ser responsable por la ocurrencia de dos fuertes eventos cercanos, lo que causaría inquietud sobre el futuro próximo. Sin embargo, los investigadores no coinciden en predecir las consecuencias de dicho cambio climático sobre el Fenómeno El Niño.

Algunos investigadores suponen que se podría llegar a una situación climática que nunca tuvo lugar en el pasado (deshielo irreversible en los polos), con un posible aumento de la frecuencia del Fenómeno El Niño catastrófico.

Cabe señalar que independientemente del fenómeno El Niño, se pueden producir huaycos que ocasionen crecidas excepcionales.

### **3.5.2 EL TRANSPORTE SÓLIDO**

En algunos de los eventos máximos que afectaron las subcuencas en estudio, el rápido e imprevisto aumento del transporte sólido tuvo consecuencias importantes sobre el caudal líquido. Pero cabe señalar que siempre estos fenómenos fueron las consecuencias de otros fenómenos imprevistos, tales como: huaycos, extraordinario deslizamiento de terreno u otros.

El estudio de los análisis directos de los caudales sólidos hecho por diferentes investigadores científicos sobre los ríos de la costa peruana, nos permite considerar que la concentración máxima constatada en situación corriente es de 20 gramos por litros, es decir durante los fenómenos extremos con caudales máximos, pero sin tener en cuenta los imprevisibles huaycos y el transporte sólido de fondo que corresponde al arrastre de los sedimentos del lecho del río.



Esta concentración máxima de sedimentos en suspensión equivaliera a 20 kilos de sedimentos por  $m^3$  y a un volumen de 17 litros de sedimentos por  $m^3$  (peso específico aparente igual a 1,200 kilos por  $m^3$ ). Se ha constatado entonces que Este volumen específico de sedimentos en suspensión representa menos del 1.7% del caudal líquido correspondiente. En consecuencia, se puede inferir que el transporte sólido no puede tener influencia sobre el caudal líquido.

La mayor influencia del transporte sólido, es la colmatación de las obras y los cambios que esos generan en las líneas aguas arriba.

### 3.6.0 ANÁLISIS DE DESCARGAS Y MÁXIMAS AVENIDAS

Actualmente, en la cuenca del río Caplina, se tiene registros de descargas en las estaciones Calientes, sobre el canal Caplina, cuya captación se ubica en el río Caplina.

La información hidrométrica en la cuenca data desde el año 1939, sin interrupciones, del registro histórico se tiene que la media mensual multianual es de  $0,996 m^3/s$ , con mínimos de  $0,105 m^3/s$  y máximos de  $33,22 m^3/s$ . Esto arroja un rendimiento específico o producción media de la cuenca de  $0,90 l/s/Km^2$ .

Utilizando técnicas estadísticas, tal como ha sido descrito en el punto 2.5. Hidrometeorología, resulta que la mejor distribución teórica para descargas máximas del río Caplina es la Log-Normal, por lo tanto el análisis de máximas avenidas ha sido tratado utilizando dicha distribución y se han simulado diferentes períodos de retorno como ser 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

El análisis de máximas descargas se realizó utilizando el programa FLFREC, los resultados obtenidos para períodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años son los siguientes:

PERIODO DE RETORNO (Años)	CAUDAL MAXIMO ( $m^3/s$ )
50	22,40
100	27,70
200	33,70
500	42,80
1000	50,80

Cabe destacar que para la simulación hidráulica se tomará entre 30 y 35 % por encima de los caudales líquidos calculados, en función al efecto de cabeza de avenida, ya que dicho efecto no es considerado en el análisis estadístico de máximas avenidas.

### **3.7.0 MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN HIDRAULICA**

La pluviosidad asociada al fenómeno El Niño, produce la erosión en la zona más árida de las Cuencas Caplina y Uchusuma; desde Tacna hasta los 2.000 m.s.n.m. Produciendo erosión y formación de huaycos que pueden bajar por las quebradas Uchusuma, Viñani, Las Salinas, Escritos, Del Diablo, etc.

Este fenómeno puede afectar a la ciudad de Tacna, en los Conos Norte y Sur; así como, la toma Chuschuco, por la quebrada de la margen izquierda.

El modelamiento y simulación hidráulica, se realiza con la finalidad de identificar las zonas críticas por procesos de desborde e inundación, para lo cual se utilizará la información obtenida en el cálculo de máximas descargas a diferentes períodos de retorno, incluyendo el factor de seguridad para descargas máximas líquidas de un 30 a 35 % por encima del caudal estimado a diferentes períodos de retorno.

El modelo de simulación hidráulica requiere información topográfica, geometría de estructuras existentes o proyectadas, coeficiente de rugosidad del cauce, información hidrológica y otros.

Utilizando esta información se elaboro los modelos de las zonas identificadas como críticas correspondientes a Defensa de Calana, Cono Sur y La Florida en el cauce de la quebrada del Diablo.

Teniendo en cuenta que la erosión es un proceso destructivo de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos, que implica fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar el transporte, en tal sentido los agentes erosivos son el agua, el viento y el mismo hombre. La erosión es una fase del proceso de degradación, la cual tiene tres fases: erosión, transporte y sedimentación.

La erosión fluvial, que es la que trataremos en el presente estudio es un trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial considerando el

drenaje socava el valle en forma de V (perfil transversal), causando la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento; según el estado de desarrollo hará más o menos intenso el proceso.

El mecanismo de erosión del agua en la zona de estudio es típico, y los pasos principales que se presentan son: La acción del, agua en el suelo, el desprendimiento de las partículas y su transporte. El desprendimiento se produce por el impacto de las gotas de lluvia, seguido por el transporte que el movimiento o traslado del suelo por el agua de escorrentía, llevándolo de un lugar a otro.

En la zona de estudio, por las características propias de la cuenca y subcuencas como ser principalmente estar sujetas a crecientes en función de la caracterización realizada con la determinación de los parámetros geomorfológicos superficiales de la cuenca Caplina, se tiene un gran poder de arrastre, donde se puede observar en épocas de avenidas extraordinarias que el arrastre incluye bolonería de gran tamaño de puede superar el metro de diámetro, situación que se torna bastante peligrosa por la gran energía que se presenta al momento del ingreso de los huaycos.

### **3.7.1 MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS**

El modelamiento y simulación hidráulica, constituye una herramienta para prevenir desastres con la finalidad de proyectar algunas estructuras de protección, contra desborde e inundación.

Para la zona de estudio se han identificado como zonas críticas a modelar las siguientes:

- ✓ Desvío del río Caplina a la margen Oeste de la ciudad, en la denominada Defensa de Calana.
- ✓ Curva Quebrada Arunta, inmediaciones del Distrito Gregorio Albarracín, Cono Sur de la ciudad.
- ✓ Quebrada del Diablo, zona de La Florida.

Para modelar y simular las zonas críticas mencionadas se utilizó el software HEC-RAS, de procedencia Norteamericana, familia de los HECs, ampliamente conocidos y utilizados en el mundo por su gran versatilidad y adecuación a las condiciones propias de cada zona a estudiar.

Para tal efecto se emplearon datos topográficos como ser secciones transversales estratégicamente ubicadas, perfiles longitudinales, estructuras como defensas ribereñas, muros de concreto ciclópeo, muros enrocados, puentes, acueductos etc.

Los coeficientes de rugosidad de Manning para diferentes condiciones de cauces naturales y canales artificiales se muestran en la siguiente tabla:

<b>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD n DE MANNING</b>	
<b>Cunetas y canales sin revestir</b>	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
<b>Cunetas y Canales revestidos</b>	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
<b>Corrientes Naturales</b>	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,2001
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Areas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,2001

Los resultados de la simulación hidráulica a detalle para cada una de las zonas críticas se muestran en el anexo No. 01.

### **Desvío del río Caplina en la denominada Defensa de Calana,**

El desvío del río Caplina que discurre por su margen derecha, flanco Oeste del valle, hacia la margen izquierda, flanco Este del valle, cruzándolo enteramente, en la denominada Defensa de Calana constituye uno de los lugares de mayor riesgo por desborde e inundación hecho que quedo demostrado tras las avenidas de los años 1998 y 1999, donde ocurrió el desborde del río en forma leve, pero dejando claro que la capacidad de la estructura no es la adecuada, principalmente por las dimensiones geométricas del puente vehicular emplazado en la carretera Tacna – Calana - Pachía, construido por la Municipalidad Provincial de Tacna.

Esta situación, pone entre aviso que a una descarga mayor como ser la correspondiente a un período de retorno de 100 años o más la estructura (Defensa de Calana), estaría en eminente riesgo de colapso, lo que traería consigo desborde e inundación, arrastre y otros efectos colaterales que pueden originar grandes daños a la ciudad de Tacna.

Del modelamiento y simulación hidráulica de la zona en cuestión se tiene resultados que saltan a la vista para un caudal de período de retorno de 50 y 100 años, se presenta desborde por la baja capacidad de paso que presenta la estructura del puente frente a la corriente del río Caplina.

### **Zona del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa (Cono Sur de la ciudad).**

Desde el cuartel militar Tarapacá hasta la zona del Cono Sur de la ciudad, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, siempre ha existido la incertidumbre de desbordes del río Caplina, en sus máximas avenidas. El cauce ya tiene mas o menos definido en esta zona su canal principal y en la zona de canteras, en cada avenida extraordinaria que se presenta se rellanan las excavaciones realizadas y se vuelve ha formar el cauce normal del río.

En si esto es una situación compleja por que cuando se presenta el evento extraordinario, y este encuentra un cauce excavado, obstruido, desordenado, se da la tendencia a generarse una serie de condiciones de flujo complejas que pueden complicar la estabilidad del cauce, resultando en desborde, inundación y arrastre de materiales.

Para los caudales máximos calculados para el río Caplina, con información de la estación Calientes, se realizó la simulación hidráulica, llegando a la conclusión que la probabilidad de desborde e inundación en esta zona es baja.

### **Zona de La Florida en la Quebrada del Diablo.**

Según las premisas de simulación establecidas, para que se active la quebrada del Diablo, tendría que presentarse precipitación significativa entre los 0 y 1200 msnm, situación que para la quebrada del Diablo es poco probable, a pesar de asociarse este comportamiento a los fenómenos de El Niño.

Realizada la simulación hidráulica, se observa que las construcciones en la zona de La Florida funcionarían como diques que originan anegamiento de la zona con el respectivo arrastre de materiales hacia la parte baja.

## **CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA**

### **4.1.0 MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO – GEOTECNICOS**

#### **4.1.1 FENOMENOS DE ORIGEN GELOGICO - GEOTECNICO**

Los fenómenos de origen geológico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en el área de estudio, son producidos por los agentes siguientes:

##### **POR SISMICIDAD:**

Analizando la secuencia de los sismos ocurridos en el Perú de Norte a Sur, con una frecuencia de 6 a 10 años y considerando un período de retorno para uno como el de 1868 (150 a 250 años), prácticamente este sector de América se encuentra ad portas de un mega sismo, que tendría una magnitud superior al sismo del 23 06 2001

##### **TERREMOTO DEL 12 NOVIEMBRE DE 1996 (Inf. IGP)**

Ocurrió con una magnitud 7.7Mw, produciendo una ruptura de 120 Km (Tavera 1998) que afectó principalmente a la localidad de Nazca, Departamento de Ica. Con epicentro localizado por el Instituto Geofísico del Perú a 135 Km. al Sur-Oeste de la localidad de Nazca, fue seguido por 150 replicas durante las primeras 24 horas causando alarma en las localidades de Nazca, Palpa, Ica, Acari y Llauca, las mismas que soportaron intensidades máximas de VII (MM) durante el terremoto principal.

El Sistema de Defensa Civil (INDECI) reportó 17 personas muertas, 1500 heridos y 100,000 damnificados. En cuanto a infraestructura más de 5,000 viviendas fueron destruidas, 12,000 afectadas. El costo económico de perdidas fue del orden de 42 millones de dólares.

##### **TERREMOTO DEL 23 JUNIO 2001**

El terremoto del 23 de Junio 2001, causó mucha alarma y desesperación en la población Tacneña. Los daños severos se dieron en las viviendas ubicadas en los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza. En el Centro Poblado La Natividad pese a que sus construcciones en su gran mayoría son de adobe, no sufrieron mayores daños debido que su suelo es de mejores características a la respuesta símica.

En el centro de la ciudad las viviendas de adobe quedaron seriamente dañadas, mientras que las de material noble no sufrieron daños de consideración, excepto algunas fisuras sin mayor

repercusión; por esta razón parece que las construcciones en Tacna soportarían otros eventos similares.

En el sector del Centro Poblado Menor A. B. Leguía en el Pago Para Chico, no se identificaron daños importantes, pero si fisuras en algunas edificaciones, menores que en el centro de la ciudad de Tacna.

En el sector de Gregorio Albarracín o Cono Sur, los efectos fueron similares a lo ocurrido en el CPM de A. B. Leguía.

Las intensidades determinadas en la ciudad de Tacna fueron de VI a VII grados MM en el Cono Sur y el centro de la ciudad de Tacna, mientras que en Ciudad Nueva y Alto de la Alianza fueron de VII a VIII grados.

#### **POR TECTONISMO:**

Para el caso del Perú, las placas que interactúan son las de Nazca con la Continental, que se desplazan con sentidos opuestos a través del plano de Wadati Benioff. En el Sur del Perú la placa oceánica de Nazca se está hundiendo debajo de la placa continental con una inclinación o buzamiento de 30° hacia el continente, alcanzando profundidades hasta de 300 Km. Este proceso es conocido como de subducción. La placa de Nazca se desliza por debajo de la placa continental de América del Sur, a una velocidad aproximada de 8 a 10 cm/año (Minster y Jordan, 1978). Este proceso genera aproximadamente el 90% de los sismos que se registran en el Sur del Perú. A este tipo de sismos también se les conoce como sismos intraplacas, ya que ocurren en el límite entre placas.

La segunda zona sismogénica está relacionada con los reajustes corticales, donde los esfuerzos son de carácter tensional. Estos eventos ocurren a lo largo de fallas activas (ruptura de las rocas de la corteza terrestre) y tienen periodos de recurrencia cada mil años (L. Ocola: Deformación de la corteza terrestre en el Sur del Perú). Para el caso de Tacna se tienen dos fallas activas: la Falla Incapuquio (S-N) y la falla Challaviento en el Valle de Locumba. Los epicentros de las réplicas del terremoto ocurrido el 23-06 01, han coincidido con la falla regional Incapuquio, demostrando así su plena vigencia tectónica.



La tercera zona sismogénica está relacionado con la actividad Volcánica, que afecta directamente a los pueblos de Candarave y Tarata, por su proximidad al ambiente volcanogénico.

El sismo reciente del 23 de junio de 2001 y sus réplicas son ejemplos claros de los dos primeros tipos de sismos a los que está mayormente expuesta la población de la ciudad de Tacna. Siendo los originados en la zona de subducción los más drásticos.

Los fenómenos de origen geotécnico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en el área de estudio, son los siguientes:

#### **Falla por corte y asentamiento del suelo:**

Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad de carga y en donde los esfuerzos actuantes inducidos por una estructura de cimentación de alguna obra específica, pueden ocasionar la falla por corte y asentamiento del suelo. Un suelo con una capacidad de carga de 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo se le considera aceptable para una cimentación común y para valores menores se deberá tener un especial cuidado debido a la posibilidad de una drástica reducción de la capacidad portante en condiciones dinámicas y amplificación de ondas sísmicas, asimismo los asentamientos no deben ser mayores a 2.5cm de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción.

#### **Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad:**

Para la ciudad de Tacna, se tiene un nivel estático de aguas subterráneas profundo, por ende no presenta mayores problemas pero si se diera en el suelo de cimentación un alto contenido de humedad natural, un alto Límite Líquido y un alto Índice Plástico, podrían ocasionar problemas. En aquellos suelos en donde el Índice Plástico sea mayor al 15% es posible que se produzcan cambios moderados de volumen por cambios en el contenido de humedad y que ocurren generalmente en las épocas más secas y calurosas del año. En si se tendrá especial énfasis en identificar problemas o fugas de agua en especial en el casco urbano de la ciudad, puesto que el sistema de agua potable y alcantarillado tiene más de 30 años de antigüedad. Asimismo, se ha identificado importante humedad en el centro de la ciudad en zonas cercanas a la avenida Bolognesi, por donde discurre el canal principal de derivación del río Caplina, que antiguamente contaba con canales laterales ahora clausurados, pero al parecer no sellados.

**Amplificación sísmica local:**

Las mayores amplificaciones sísmicas se producen en los depósitos antropogénicos o de relleno puesto que se han medido microtemores, mayores a 0.25Hz., asimismo en los suelos deluviales que están en las faldas del cerro Intiorko y que además se le suma el efecto topográfico que amplifica aún más estos efectos. Los materiales volcánicos y las gravas conformantes de casi todo el valle de Tacna, tendrían un mínimo efecto de amplificación sísmica.

**Perdida de resistencia mecánica por lixiviación:**

Se producen en el suelo de cimentación que se encuentra fuertemente cementado por la presencia de sales de variado tipo. En aquellos suelos en donde la presencia de una napa freática sea importante, en donde se presente un flujo de agua subterránea y en donde el contenido de sales totales sea mayor a 15,000 ppm., es posible la pérdida de resistencia mecánica por el efecto de lixiviación.

**Agresión química del suelo al concreto:**

Se producen en el suelo de cimentación que tiene un alto contenido de Sulfatos ( $SO_4$ ). En aquellos suelos en donde el contenido de Sulfatos ( $SO_4$ ) sea mayor a 1500 ppm. se considera que el suelo tendrá una agresividad química severa al concreto de las estructuras de cimentación, mientras que para valores por debajo de 150 ppm la agresividad química del suelo se considera despreciable, asimismo se considera moderada para los suelos que presentan entre 150 y 1500ppm de contenido de sulfatos.

**Colapsabilidad De Suelos**

Se identificará suelos colapsables siguiendo el criterio Jennings-Knight (1975), el cual clasifica gracias al ensayo de colapso, como problemas severos al potencial de colapso, mayor a 10%; problema moderado entre 1 y 10% y sin mayores problemas a los suelos con potencial de colapso menor a 1%.

Otros fenómenos de origen geotécnico tales como, licuefacción de los suelos, hinchamiento de los suelos, congelamiento de los suelos, formación de oquedades en el suelo y otros; no se han tomado en cuenta para efectos de este estudio debido a que las condiciones climáticas y

diferentes características propias de los suelos de la ciudad de Tacna no permiten la ocurrencia de dichos fenómenos.

#### **4.1.2 EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-GEOTECNICOS - ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA**

Los peligros de origen geológico-geotécnico de mayor incidencia en la ciudad de Tacna, distritos de Gregorio Albarracín, Pocollay, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva, Cercado y áreas de expansión urbanística, se dan por las razones siguientes:

- Falla por corte y asentamiento del suelo
- Agresión del suelo al concreto
- Amplificación local de las ondas sísmicas
- Colapsabilidad de Suelos

Se han identificado cinco zonas geotécnicas cada una diferenciada mediante interpretación in situ y mediante ensayos realizados en laboratorio. Se ha logrado conocer las propiedades del suelo de cada zona, estas zonas son: cenizas volcánicas de clasificación SUCS SM (ZONA I) ubicada en la parte norte del distrito de Pocollay y algunos sectores del distrito de Alto de la Alianza, arenas limosas de clasificación SM (ZONA II) que cubre por completo los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza, arenas limosas de clasificación SM (ZONA III) ubicada al noreste de la ciudad de Tacna, gravas pobremente graduadas GP (ZONA IV) que corresponde al resto del distrito de Pocollay y gran parte del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, gravas bien graduadas GW (ZONA V) que corresponde al resto del distrito de Tacna y Gregorio Albarracín Lanchipa.

**ZONA I**, correspondiente a suelos de clasificación arena limosa SM de origen cenizas volcánicas, que poseen valores de microtemores promedio de 0.15 Hz, presiones admisibles del suelo que varían de 2.54 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.90 Kg/cm<sup>2</sup>; el potencial de colapso varía de 0.21% a 0.50 %, presenta asentamientos mínimos de 1.50 cm y máximo de 1.52 cm. Esta zona comprende: toda la zona norte del distrito de Pocollay como la Asociación de Vivienda 8 de Octubre, Asociación de Vivienda Jerusalén, Nueva Esperanza, AAPITAC, Asociación de Vivienda La Colina, Asociación de Vivienda Primavera – Takana; también presentes en el distrito de Alto de la Alianza, parcialmente en las Asoc. de Viv. Mariscal Miller, AA.HH. La

Esperanza y P.J. Alto de la Alianza. Por lo que es una ZONA SIN MAYORES PROBLEMAS.

**ZONA II**, que corresponde a suelos de clasificación SM arenas limosas de origen fluvial, que presenta valores de densidad natural variando desde  $1.44 \text{ g/cm}^3$  a  $1.80 \text{ g/cm}^3$ , períodos de vibración natural del suelo desde 0.2 Hz a 0.25 Hz, capacidades de carga variando desde  $0.63 \text{ Kg/cm}^2$  a  $0.76 \text{ Kg/cm}^2$ , valores de potencial de colapso de 0.78% a 0.80%. Los asentamientos que se pueden producir en este suelo varían de 1.57 cm a 3.32 cm. Estas zonas comprenden en su totalidad a los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. En esta zona se tienen problemas con los asentamientos de los suelos en especial en la zona denominada Terminal del Altiplano en el distrito de Alto de la Alianza, puesto que presenta valores de 3.32cm, para una estructura de 5 pisos.

**ZONA III**, está conformada por suelos de clasificación SM arenas limosas de origen fluvial con periodos naturales de vibración del suelo promedio (microtremores) alrededor a 0.25 Hz, con valores de potencial de colapso de 1.72% a 11.5%, valores de presiones admisibles del suelo que varían de  $0.58 \text{ Kg/cm}^2$  a  $0.64 \text{ Kg/cm}^2$ . Los asentamientos que se pueden producir en esta zona varían de 1.57 cm a 8.74 cm. Esta zona abarca los lugares conocidos como Asociación de Vivienda Vallecito, Asociación de Vivienda Los Ángeles, Urb. Villa Sol, Asociación de Vivienda Teodoro Rodríguez Pisco, Urb. Santa Fátima y el Paseo Cívico. La zona del Hospital General de Tacna del Ministerio de Salud, resulta ser una zona problemática puesto que presenta valores de asentamientos igual a 8.74cm y potencial de colapso igual a 11.5% y se considera como PROBLEMA SEVERO.

**ZONA IV**, conformada por suelos de clasificación GP compuestos por gravas pobremente graduadas que presenta valores de microtremores de 0.10 Hz, presiones admisibles del suelo de  $3.41 \text{ Kg/cm}^2$  a  $4.50 \text{ Kg/cm}^2$ , potenciales de colapso que varían del 0.24% al 1.51%, en esta zona se esperan asentamientos que varían de 1.47 cm a 1.62 cm. Esta zona abarca la Urb. Francisco Bolognesi y Urb. Villa Caplina en el distrito de Tacna, todo el resto del distrito de Pocollay, y toda la zona norte del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa como ser los terrenos del cuartel Tarapacá, AA. HH. El Morro, Asociación de Vivienda 3 de Diciembre, Asociación de Vivienda Alfonso Ugarte I, II y III, Asociación de Vivienda Las Begonias, Asociación de Vivienda San Francisco, Asociación de Vivienda Las Américas, AA.HH. Villa Héroes del Cenepa. En esta zona existe un caso particular acerca de las gravas por que están

fuertemente cementadas con sales, pero a su vez son colapsables en un rango moderado. Están expuestas en la zona Asociación de Vivienda Villa Héroes del Cenepa en la cual ha resultado con potencial de colapso 1.51% que se considera como PROBLEMA MODERADO; con estas características se debe tener especial cuidado con los jardines, fugas de agua y desagüe.

**ZONA V**, conformada por suelos de clasificación GW compuestos por gravas bien graduadas de origen fluvial que presenta períodos de vibración natural de 0.10 Hz, capacidades portantes que varían de 3.50 Kg/cm<sup>2</sup> a 3.62 Kg/cm<sup>2</sup>, valores de potencial de colapso que varían de 0.48% a 0.50%. Los asentamientos que se esperan en este suelo son de 1.09 cm a 1.22 cm. Esta zona abarca el AA.HH Leoncio Prado, Terminal Terrestre Manuel A. Odria, Conjunto Habitacional Justo Arias Araguez, Urb. Bacigalupo, Parque Industrial, Urb. Espiritu Santo, Agrup. de Viv. 28 de Agosto (200 casas), Urb. La Arboleda, AA.HH. Jesús María, Urb. Santa Ana, terrenos de la UNJBG del distrito del cercado de Tacna, y gran parte del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa como la Asociación de Vivienda Villa Magisterial, AA.HH. Vista Alegre, Asociación de Vivienda INADE, Asociación de Vivienda Caplina II, Asociación de Vivienda San Agustín. Esta es una zona que no presenta mayores problemas geotécnicos.

#### 4.1.3 ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLÓGICO-GEOTECNICOS

La zonificación de peligros de origen geológico-geotécnicos para la ciudad de Tacna se presenta en la Lámina N° 15; en el cual se han establecido 03 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

##### **Zona de Peligro Bajo:**

Son las áreas formadas por gravas pobremente graduadas GP, gravas bien graduadas GW y las cenizas de origen volcánico de clasificación geotécnica SM, también denominadas como ZONA I, ZONA IV Y ZONA V, que en resumen poseen presiones admisibles del suelo con valores que varían de 1.47 Kg/cm<sup>2</sup> a 4.5 Kg/cm<sup>2</sup>, sin problemas de amplificaciones sísmicas. Los suelos de estas zonas geotécnicas poseen valores de potencial de colapso que están dentro de los no problemáticos; en estas zonas no se encontraron muestras de suelos agresivos ya que su contenido de sales y sulfatos es mínimo, los asentamientos que puedan producirse en estos

suelos están por debajo de los máximos permitidos por el reglamento nacional de construcciones.

ZONA I, formada por las cenizas de origen volcánico, arenas limosas SM ubicadas al norte del distrito de Pocollay, y en la Asociación de Vivienda Mariscal Miller, AA.HH. La Esperanza y P.J. Alto de la Alianza del distrito de Alto de la Alianza, que presenta valores de capacidades portantes entre 2.54 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.9 Kg/cm<sup>2</sup>; su valor de potencial de colapso máximo es de 0.5% y está definido como sin problemas; no presenta problemas por amplificación de ondas sísmicas, la agresión del suelo por sales y sulfatos al concreto es despreciable, el asentamiento máximo esperado en esta zona es de 1.52 cm que está por debajo del máximo valor aceptado por la normatividad vigente.

ZONA IV, formada por las gravas pobremente graduadas GP ubicadas en las zonas restantes del distrito de Pocollay y zona norte del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, esta zona presenta valores de presiones admisibles de suelos con un valor mínimo de 3.41 kg/cm<sup>2</sup>, su bajo contenido de sales y sulfatos en los suelos hacen que no sean agresivos al concreto siendo su exposición despreciable, no tiene problemas de amplificación de ondas sísmicas, el asentamiento máximo esperado para esta zona es de 1.62 cm., el potencial de colapso promedio es de 0.24% y está sin problemas. Cabe recalcar que parte de esta zona IV se esta considerando como peligro alto por problemas moderados de colapsabilidad, que se describirá más adelante.

ZONA V, esta conformada por las gravas bien graduadas de clasificación GW ubicadas en la zona en casi todo el distrito del cercado de Tacna a excepción de la zona nor-oeste, y también se encuentra en la zona sur del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, estas gravas no presentan problemas de amplificación sísmica, su asentamiento no es mayor a 1.22 cm., su potencial de colapso presenta valores que están en el rango de sin problemas, la agresión del suelo al concreto es despreciable por su bajo contenido de sales y sulfatos.

#### **Zona de Peligro Medio:**

Son las áreas donde encontramos suelos areno limosos de clasificación SM, denominados geotécnicamente como ZONA II Y ZONA III que presentan valores de capacidades de carga mínima del suelo de 0.58 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.76Kg/cm<sup>2</sup> sus valores de potencial de colapso están en el rango de sin problemas a problemas severos y asentamientos que no serían aceptados por el

Registro Nacional de Construcciones. Estos valores se detallan a continuación por zonas geotécnicas para su mejor comprensión.

ZONA II, formada por arenas limosas SM ubicadas en toda la extensión de los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza, la agresión del suelo al concreto es despreciable por su bajo contenido de sales y sulfatos, esta zona esta propensa a sufrir amplificación de ondas sísmicas pero no de gran dimensión

Asimismo la ZONA IV en el distrito de Pocollay presenta problemas de colapsabilidad (MODERADO) en la capa superior, específicamente la que se encuentra fuertemente cementada, es decir muy recomendable realizar las cimentaciones por debajo de este nivel de sales cementadas, que en algunos lugares es un 1.00m. y en otros 1.60m.. Para las cimentaciones o estructuras antiguas por encima de este nivel se recomienda tener especial cuidado con las fugas de agua y desague, evitar riego excesivo en jardines y parques aledaños, puesto que esto podría provocar problemas en esta zona.

#### **Zona de Peligro Alto:**

Son las áreas conformadas por material antropogénico o de relleno R, así como también las arenas limosas SM (deluviales) ubicadas en las faldas del Cerro Intiorko y en algunos lugares de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, arenas limo-arcillosas SM-SC ubicadas en sectores aledaños del hospital Hipólito Unanue, cuyos contenidos de sales y sulfatos en el suelo es despreciable, en esta zona se espera grandes amplificaciones de ondas sísmicas, sus valores de potencial de colapso son elevados, siendo de 11.5 % en el sector del Hospital y de 5% a 10% en los rellenos, estando en el rango de problemas, los asentamientos esperados en esta zona son entre 3 y 8 cm, siendo este valor preocupante debido a su ubicación urbana.

#### **4.2.0 MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS**

En el ámbito de influencia de la zona de estudio, ocurren fenómenos naturales (procesos geodinámicos externos) y antrópicos, que afectan al territorio, los recursos naturales, la población, la infraestructura de desarrollo, las ciudades y caseríos, etc. Comprometiendo la vida y la seguridad ambiental en general.

Históricamente han ocurrido fenómenos sísmicos, fluviales, oceanográficos, vulcanológicos y glaciológicos; cuyas evidencias existen en las cuencas y la ocurrencia contemporánea, como el huayco ocurrido en febrero del 2001, por el río Caplina, que causó destrucción y puso en

peligro a la Ciudad de Tacna.

De los fenómenos naturales de origen climático, se han considerado los relacionados a Huaycos-flujos de barro y Pluviosidad-erosión.

### **Ocurrencia de Huaycos**

Los huaycos de mayor riesgo ocurren en las cuencas Caplina y Uchusuma, en la que durante las lluvias fuertes forman escorrentía concentrada en las distintas quebradas que las forman, presentándose desde las nacientes hasta Pachía y Cerro Blanco, donde destacan las quebradas Palca, Uchusuma, Vilavilani, Cobani, etc.

En la zona comprendida entre Cucane y Chuschuco, al NorEste de la ciudad, la cuenca tiene numerosas quebradas afluentes en ambos márgenes del río Uchusuma, que en épocas de fuertes precipitaciones pluviales locales (asociadas al Fenómeno El Niño), originan huaycos violentos con abundante transporte de materiales aluviónicos y coladas de barro, hasta el fondo del río, donde se acumulan en conos aluviónicos.

La zona entre Higuera y Chuschuco, siempre en el flanco NorEste, el río Uchusuma deposita mayormente los materiales gruesos (cantos y bloques), colmatando el lecho con tendencia al desbordamiento. Esta situación pone en alto riesgo a la toma de Chuschuco.

A la altura de la Toma Chuschuco, en la margen izquierda del río Uchusuma, desemboca la quebrada Cobani, de fuerte pendiente con abundante material suelto en tránsito, que de ocurrir un huayco podría comprometer la Toma, lo cual es necesario prever.

Huaycos excepcionales asociados al fenómeno El Niño, ocurren también en las otras quebradas afluentes al valle en las zonas circundantes de la ciudad, como las quebradas Caramolle, y del Diablo, en el flanco NorOeste, margen derecha del valle; y Viñani, La Garita, Salinas, Escritos y otras; en la margen izquierda, que pueden afectar la ciudad de Tacna y los campos agrícolas. Entre estas se destaca las Quebradas Caramolle y Del Diablo; que afectaron directamente los pueblos jóvenes del Cono Norte y Cono Oeste.

El último huayco ocurrido fue el 9 de febrero del 2001, por el río Caplina, con un caudal estimado entre 20 y 30 m<sup>3</sup>/s; se formó después de lluvias intensas de varios días que precipitaron en la parte alta de la cuenca. Ocurrió a las 14:00 horas.



Este huayco causó los siguientes daños:

- Destrucción de campos agrícolas entre Challata y Calientes (15 a 20 Ha).
- Soterramiento de los Baños Calientes (destrucción).
- Colmatación de las obras de encauzamiento del río Caplina, desde Calana hasta Piedras Blancas.
- Zozobra en la población ante posible desborde del huayco en la zona denominada El Peligro en Calana.
- Destrucción de la tubería matriz de Agua Potable para la Ciudad de Tacna, cortando el suministro total de agua.
- Erosión del lecho fluvial desde Chuschuco hasta el mar.
- Debilitamiento de las bases del puente en la Panamericana Sur.

#### **4.2.1 ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS. (LÁMINA N° 16)**

Los huaycos más importantes ocurren en el cauce del río Caplina y en la quebrada Uchusuma. En el río Caplina, la zona comprendida entre Challata, aguas arriba, y el Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa (Cono Sur de la Ciudad de Tacna), aguas abajo, está identificada como de riesgo por desborde e inundación y los puntos críticos lo constituyen: La zona de Calientes (Bocatoma y Baños del mismo nombre), Puente el Peligro (Poblado de Calana), Desvío del río Caplina de su margen derecha a la izquierda en la denominada Defensa de Calana, Acueducto de agua que conduce hacia la planta de tratamiento de agua potable de Calana, en la zona de Peschay, y las inmediaciones del Cono Sur de la ciudad. Asimismo, la curva de la quebrada Arunta en el extremo del Cerro Arunta, a la altura del reservorio de agua de la EPS, Asociación de Vivienda El Morro.

##### **Zona de Peligro Muy Alto.-**

Se ha identificado una zona de peligro muy alto en la cabecera de la ciudad, aguas arriba, distrito de Calana, en la derivación del río Caplina del flanco Oeste del valle al flanco Este, en la llamada Defensa de Calana, que incluye el paso bajo el Puente carretera Calana – Pachía, lugar donde la derivación angosta drásticamente su sección y altura, con la consecuente elevación del tirante de agua, quedando insuficiente su capacidad de transporte para caudales extremos de avenida, que originarían colapso de la estructura del puente e inundaciones.

##### **Zona de Peligro Alto.-**

Se identifican zonas de peligroalto en las áreas próximas aguas abajo de la derivación del Río

Caplina en el Puente Calana, y en los cursos de las quebradas Arunta, en el flanco Este de la ciudad, por donde discurren actualmente las crecidas del Río Caplina; la quebrada Caramolle, en el flanco Oeste de la ciudad, por donde discurría antiguamente el río Caplina antes del crecimiento de la ciudad, que actualmente se encuentra rellena en su mayor parte y casi completamente ocupada; y la zona de entrega de la quebrada Del Diablo en el flanco Oeste de la ciudad, tributaria al río Caplina, zona donde existen Asociaciones de Vivienda asentadas con alto riesgo..

#### **Zona de Peligro Medio.-**

Se han identificado zonas de peligro medio en la cabecera de la ciudad, aguas abajo de la derivación Calana, en la continuación de la zona de peligro identificada. Asimismo, en las zonas adyacentes a la de peligro alto en la entrega de la Quebrada Del Diablo, y en las zonas proximas a los cauces de las quebradas Arunta y quebrada Caramolle.

#### **Zona de Peligro Bajo.-**

La totalidad del área de la ciudad, excepto los cauces citados en las zonificaciones anteriores, está identificada como peligro bajo.

### **4.3.0 EVALUACION DE PELIGROS ANTROPICOS**

Los peligros antrópicos de impacto negativo constituyen agresiones contra el hábitat. Son generadas por el hombre como consecuencia directa de actividades que realiza y tienen como marco factores políticos, técnicos, económicos y sociales. Se manifiesta entre otros en los usos del suelo incompatibles con las normas de construcción y en el emplazamiento inadecuado de la población.

En el área de estudio y su entorno inmediato se han identificado las zonas expuestas a peligros de origen antrópico de mayor importancia; cuya ubicación se presenta en la Lámina N° 17, y se detallan suscintamente a continuación:

#### **4.3.1 PELIGRO POR INSTALACIONES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN:**

En la ciudad e Tacna se tiene tres estaciones generadoras de energía eléctrica y subestaciones de alta tensión; la Planta Térmica de Calana, la Sub-Estación del Parque Industrial y la Subestación de ParaGrande. Actualmente la zona urbana está muy cercana en especial de la

Subestación Para Grande estando ubicada en el ex pueblo joven del mismo nombre, zona actualmente muy poblada y cercana a varias urbanizaciones e incluso el Colegio Cristo Rey de amplias instalaciones. La Subestación del Parque Industrial está ubicada en el mismo Parque Industrial a un costado de la Ladrillera Martorell y el ex MIMPECO.

La Planta Térmica Calana en la actualidad se encuentra alejada de la zona urbana, pero cercana a la zona turística campestre de Tacna, la cual en el futuro pueda ser urbanizada.

En lo que respecta a la líneas de interconexión entre estas plantas y subestaciones, estas si van por la misma ciudad y son avenidas de alto tránsito urbano, peatonal; como la Av. Circunvalación (Jorge Basadre) Norte, Sur y la Av. Ejército. Debiéndose tener mucho cuidado ante posibles imperfectos (rotura de cables) en estas líneas, en especial la que pasa por la Av. Circunvalación (Jorge Basadre). La distancia total de esta línea es de 10.82Km que recorre con un conductor de 127mm<sup>2</sup>.

#### **4.3.2 PELIGROS POR INSTALACIONES DE GRIFOS DE COMBUSTIBLE Y POLVORINES DENTRO DE LA CIUDAD:**

De acuerdo a OSINERG que es la encargada de fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas relacionadas a Seguridad, Operaciones y Asuntos Ambientales para minimizar las condiciones inseguras de los establecimientos proveedores de combustible, en Tacna de 31 estaciones de servicio en la ciudad, 30 han aprobado el control de calidad de comercialización de combustibles líquidos, hasta junio del 2004.

En la ciudad de Tacna se tiene dos cuarteles principales, obviamente con sus respectivos polvorines, pero el cuartel Albarracín ubicado en zona urbana está a 500 a 600m. del grifo más cercano, no considerándose peligro por este tipo.

#### **4.3.3 PELIGRO POR FUENTES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS**

Las fuentes de contaminación atmosférica presentes en la zona de estudio son de dos tipos: Fuentes naturales (sin intervención del hombre) y fuentes antropogénicas (debido a las actividades humanas). Fuente MINSAs-1999.

##### Origen natural

Se apreció generación de polvo en algunas zonas próximas a los puntos de muestreo por no encontrarse cubiertos de grama y por la acción de los vientos. Algunas calles carecen de

veredas y pistas asfaltadas.

Se apreció zonas con desmonte.

### Origen Antropogénico

Fuentes Móviles: Transporte vehicular distribuido por toda la ciudad de Tacna, principalmente taxis, autos particulares y micros.

Fuentes fijas: Las plantas de Producción están localizadas en zonas industriales.

### 4.3.3.1 ESTACIONES DE MUESTREO

#### SELECCIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO

Se seleccionaron las estaciones de muestreo teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La Dirección predominante el viento
- Identificación de las posibles fuentes de generación de agentes contaminantes atmosféricos de interés (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PTS, Metales y PS) .
- Instalación de los equipos a una altura de 3 a 10 metros sobre el nivel del suelo.

#### ESTACIONES DE MUESTREO EN LA CIUDAD DE TACNA

La mayoría de estaciones de muestreo se instalaron en los techos y azoteas de los Centros de Salud, ubicando una estación de muestreo en la Estación de Bomberos y tres estaciones en viviendas particulares.

Se instalaron muestreadores activos y pasivos. En una estación se realizaron las mediciones meteorológicas continuas.

Las estaciones T-1, T-2, T-3 y T-4, son las estaciones de muestreo completas en donde se instalaron muestreadores Activos, Pasivos y Jarras de PS. En la Estación T-1 (C.S. Bolognesi) se realizaron las mediciones meteorológicas. En las estaciones de muestreo T-5 a la estación T-10 se pusieron los dosificadores pasivos y Jarras.

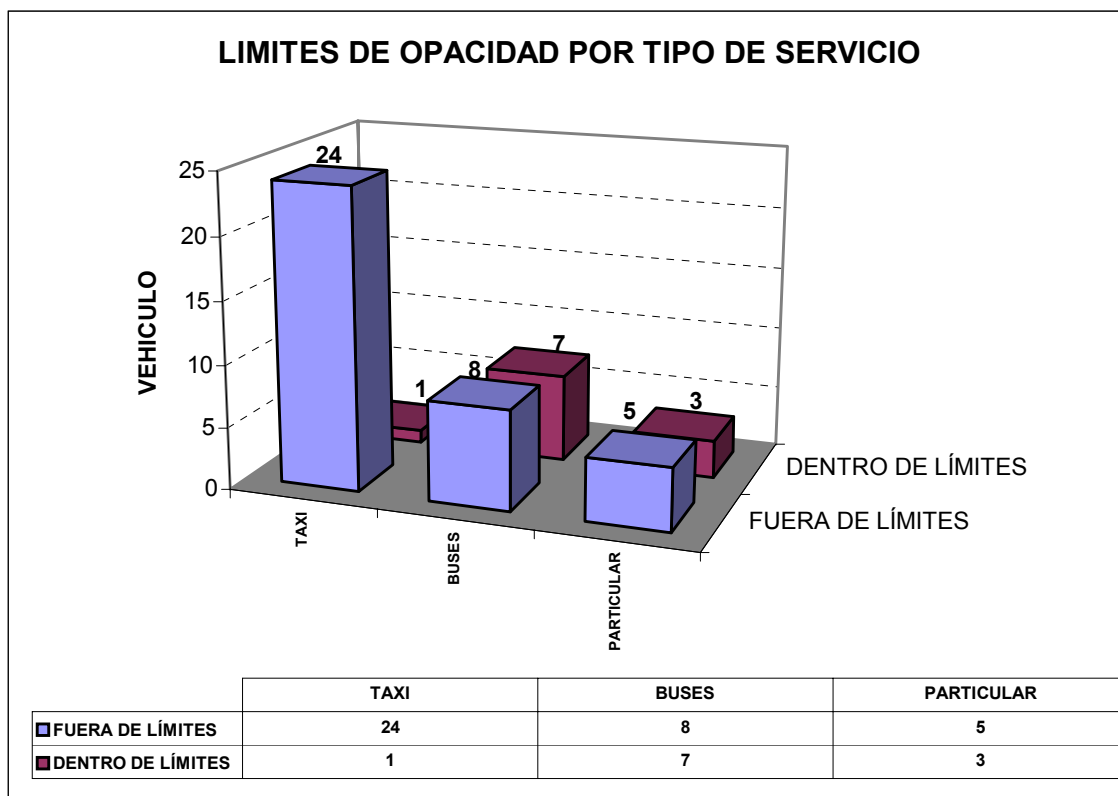
TABLA N° A-1 ESTACIONES DE MUESTREO

CODI -GO	LUGAR	DIRECCION	DISTRITO - CENTRO POBLADO	PARAME -TRO MEDIDO	METODO
T-1	C.S. Bolognesi	Av. Basadre y Forero N° 2109	Distrito de Tacna	SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub>	Activo Activo

		PJ. Bolognesi		NO <sub>2</sub> PTS PS	Pasivo Activo Pasivo
T-2	Estación de Bomberos	Av. 2 de Mayo N° 136 Tacna	Distrito de Tacna	SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> PTS PS	Activo Activo Pasivo Activo Pasivo
T-3	C.S. San Francisco	Mz. 11 .Asoc. Villa San Francisco	Centro Poblado Menor Nueva Tacna	SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> PTS PS	Activo Activo Pasivo Activo Pasivo
T-4	C.S. Ciudad Nueva	Jr. Daniel A. Carrión S/N. AHM Ciudad Nueva	Distrito de Ciudad Nueva	SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> PTS PS	Activo Activo Pasivo Activo Pasivo
T-5	C.S. A.B. Leguía	Av. 200 Millas N° 590 P.J. A.B.Leguía	CentroPoblado Menor A.B. Leguía	NO <sub>2</sub> PS	Pasivo Pasivo
T-6	CS. Natividad	Intersección Av. Lopez Albuja N° 1859 P.J. La Natividad	Centro Poblado Menor la Natividad	NO <sub>2</sub> PS	Pasivo Pasivo
T-7	C.S. La esperanza	Av. Circunvalación S/N. P.J. La Esperanza	Distrito de Tacna	NO <sub>2</sub> PS	Pasivo Pasivo
T-8	Vivienda	Av. Patricio Melendez N° 541 Tacna	Distrito de Tacna	NO <sub>2</sub> PS	Pasivo Pasivo
T-9	Vivienda	Jr. Modesto Molina N°1794 Urb. Residencial Castilla	Distrito de Tacna	NO <sub>2</sub> PS	Pasivo Pasivo
T-10	Vivienda	Av. Bolognesi 794. Tacna	Distrito de Tacna	NO <sub>2</sub> PS	Pasivo Pasivo

C.S. : Centro de Salud.

AHM : Asentamiento Humano Marginal



P.J : Pueblo Joven

#### 4.3.3.2 DESCRIPCION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

##### T-1 C.S. Bolognesi

Se encuentra dentro del distrito de Tacna a una altitud de 580 msnm. en la la Av. Basadre y Forero N° 2109. La Av. Basadre y Forero cuenta con un flujo vehicular de aproximadamente entre 15 a 20 vehículos/minuto. El tipo de vehículos que transitan por dicha avenida son principalmente taxis, autos particulares y micros.

Las viviendas en la zona son de material noble y de 2 a 3 pisos. Las calles y avenidas circundantes se encuentran asfaltadas y en buen estado.

La Dirección predominante del viento en esta estación de muestreo proviene del Sur. Al sur se encuentran el local de INABIF, Los Cabitos, y el estadio deportivo Paillardelli. Ambos locales poseen solo parte de sus suelos con gras y sin pavimento lo que por la acción del viento permite la resuspensión de material particulado.

##### T-2 Cuerpo de Bomberos del Perú, Compañía 24 -Tacna

Se halla en el distrito de Tacna en la Av. 2 de Mayo N° 136 a una altitud de 550 msnm. El flujo vehicular en la Av. 2 de Mayo fluctúa entre 12 a 18 vehículos/minuto. Los tipos de

vehículos que mayormente transitan por esta avenida son taxis, autos particulares y micros.

La zona está constituida principalmente por viviendas de 2 a 3 pisos. Las calles y avenidas están en buen estado y con pavimento..

La Dirección predominante del viento en esta estación de muestreo, proviene del Sur- oeste.

### **T-3 C.S. San Francisco.**

Está localizada al Sur de la Ciudad de Tacna en el Centro Poblado menor de Nueva Tacna a una altitud de 450 msnm. en la Mz 11 del Asentamiento Humano Marginal San Francisco. El flujo vehicular por la calle los Fresnos, es de aproximadamente de 3 vehículos cada 5 minutos y está compuesto casi en su totalidad por micros.

La zona está rodeada de viviendas de material noble de 1 a 2 pisos, calles no asfaltadas y terrenos de arena y tierra.

La Dirección predominante del viento en esta estación de muestreo, proviene del Sur- oeste.

### **T-4 C.S. Ciudad Nueva**

Esta estación se encuentra en el distrito de Ciudad Nueva, al norte de la ciudad de Tacna a una altitud de 620 msnm, en la Av. Daniel A. Carrión S/N y frente a la plaza principal. El flujo vehicular por la Av. Daniel A. Carrión es de aproximadamente de 3 a 4 vehículos por minuto. Los tipos de vehículos que transitan por esta avenida son principalmente taxis y micros.

Las viviendas en la zona son de material noble entre 1 a 3 pisos y .Las calles y avenidas se encuentran asfaltadas.

La Dirección predominante en esta estación de muestreo, proviene del Sur- oeste. Al Sur de ésta estación de muestreo se encuentran la zona industrial, y entre las viviendas y la zona industrial, se encuentra un terreno arenoso con montículos de tierra, desmonte y basura.

### **T-5 C.S. Augusto B. Leguía**

La estación T-5, se halla localizada al Sur Oeste de la ciudad de Tacna, en el Poblado Menor Augusto B. Leguía, en la Av. 200 Millas N° 590. La cantidad de vehículos que transitan por la Av. 200 Millas es de aproximadamente 4 vehículos por minuto y está conformado principalmente por dos tipos de vehiculos: combis y taxis.

La zona está constituida por viviendas, predios rurales y terrenos arenosos.

La dirección predominante del viento en esta zona, proviene del Sur. Al sur de ésta estación de muestreo existe una zona terrosa y un campo deportivo de futbol.

#### **T-6 C.S. Natividad**

La estación de muestreo ubicada en el C.S. Natividad, se halla localizada al Sur Este de la ciudad de Tacna, en el Centro Poblado Menor la Natividad, en la Av. Lopez Albuja N° 1859. El tránsito de vehículos en la Av. Lopez Albuja es de aproximadamente 1 a 2 vehículos cada minuto y está conformado mayormente por taxis, autos particulares y micros.

La zona está rodeada de viviendas de material noble de 2 a 3 pisos de altura. Las calles y avenidas circundantes están asfaltados y en buen estado.

La dirección predominante del viento proviene del Sur- Este.

#### **T-7 C.S. La esperanza**

La estación de muestreo ubicado en el C.S. La Esperanza, se encuentra en el Distrito de Tacna, en la Av. Circunvalación S/N. El tránsito vehicular en la Av. Circunvalación, es de aproximadamente 16 a 19 vehículos por minuto y está conformado mayormente por taxis, combis y autos particulares.

La zona está rodeada de viviendas de material noble de 1 a 2 pisos de altura.

La dirección predominante del viento proviene del Sur-sur- este.

#### **T-8 Vivienda 1**

La estación de muestreo N° 8 corresponde a la vivienda ubicada en la Av. Patricio Melendez N° 541 en el Distrito de Tacna. El flujo vehicular en la Av. Patricio melendez es de aproximadamente 32 vehículos/minuto y los tipos de vehículos que mayormente transitan por esta avenida son taxis, combis y autos particulares.

La zona está constituida principalmente por viviendas, casas comerciales, restaurantes y pollerías.

La Dirección predominante del viento proviene del Sur- oeste.

#### **T-9 Vivienda 2**

La estación de muestreo se halla en el distrito de Tacna en el Jr. Modesto Molina N° 1794, frente a la Av. Industrial. El flujo vehicular en la Av. industrial 2 de Mayo oscila, entre 14 a 16 vehículos/minuto. Los tipos de vehículos que transitan por esta avenida son mayormente



taxis y autos particulares.

La zona está constituida principalmente por viviendas de material noble de 2 a 3 pisos de altura.

Hacia el norte se halla el parque industrial. La dirección predominante del viento proviene del Sur- Oeste.

### **T-10 Vivienda 3**

La estación de muestreo N° 10, corresponde a la vivienda ubicada en la Av. Bolognesi N° 794 en el distrito de Tacna. El flujo vehicular en la Av. Bolognesi, es de aproximadamente 34 vehículos por minuto, siendo el tipo de vehículos que mayormente transitan por esta avenida, los taxis y en menor proporción los autos particulares y las combis.

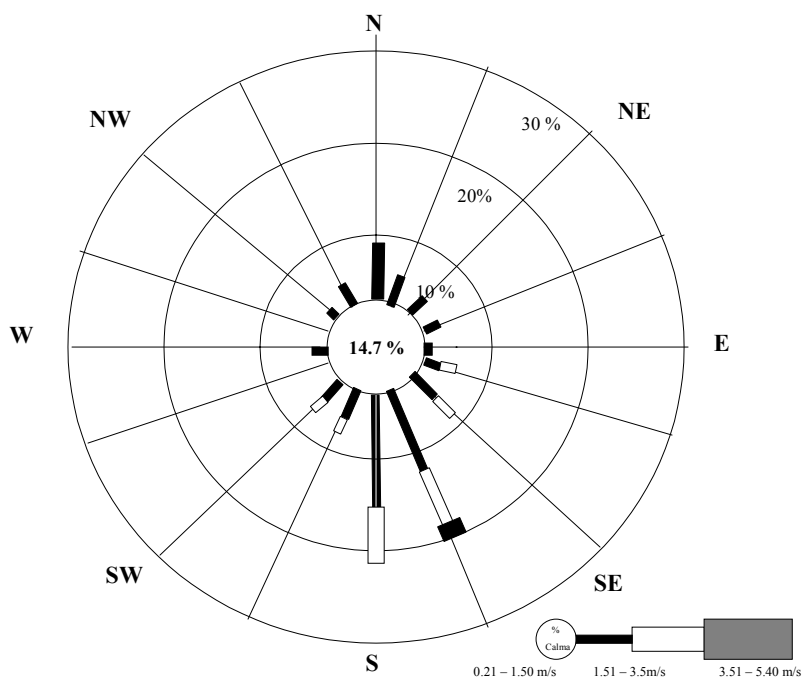
La zona está constituida principalmente por edificios, viviendas, casas comerciales, restaurantes y pollerías.

La Dirección predominante del viento, proviene del Sur- oeste.

### **ROSA DE VIENTOS**

DIGESA

LUGAR DE MEDICION	:	C.S. Bolognesi Av. Basadre y Forero N° 2109
INICIO	:	13 -01 -99 ( 11: 00 horas )
TERMINO	:	16 -01 -99 ( 11: 00 horas )



#### 4.3.3.3 EVALUACION POR TIPOS DE CONTAMINANTES

##### 1. Dióxido de azufre - SO<sub>2</sub> y Dióxido de nitrógeno - NO<sub>2</sub> (Método Activo)

La concentración de gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, presentes en las 4 estaciones de muestreo, fueron inferiores a los lineamientos de la OMS. Las concentraciones más altas se registraron en la estación de muestreo ubicada en el C.S. Ciudad Nueva (T-4). Hacia el sur de ésta zona se encuentra el parque industrial de la Ciudad, la cual en combinación con las emisiones procedentes del parque automotor y la predominancia de los vientos (Sur Oeste), constituyen la principal fuentes de contaminación atmosférica de la Ciudad.

La estación de muestreo ubicada en el C.S. San Francisco (T-3), reportó los valores más bajos de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, por encontrarse en uno de los extremos de la Ciudad de Tacna (Sur Oeste) y a barlovento de las fuentes de emisión de la Ciudad.

##### 2. Dióxido de nitrógeno- NO<sub>2</sub> (Método Pasivo)

A fin de determinar simultáneamente las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en las 10 estaciones de muestreo empleadas en la ciudad de Tacna, se utilizaron adicionalmente muestreadores pasivos de Dióxido de Nitrógeno.

Cabe resaltar que este método, desarrollado por la Dirección General de Salud Ambiental, aún no ha sido validado hasta el momento por lo que es utilizado como un valor netamente referencial para estimar altos y bajos en las zonas evaluadas.

El valor más alto se determinó en la estación de muestreo T-8, ubicado en la Av. Patricio Melendez N° 541. Esta estación se encuentra en el centro de la ciudad de Tacna y esta influenciada por la dirección predominante del viento proveniente del Sur-oeste, la cual trae consigo los contaminantes atmosféricos provenientes del parque vehicular de la zona Sur de la Ciudad, teniendo un mayor énfasis los contaminantes provenientes de las Avenidas A. B. Leguía y Patricio Melendez.

### **3. Partículas Sedimentables - PS (Jarras)**

En todas las estaciones de muestreo, excepto la Estación de Bomberos (T-2), las concentraciones de PS sobrepasaron el Lineamiento de la OMS debido principalmente a la elevada aridez de la zona, la presencia de diversas fuentes contaminantes, así como a la resuspensión del polvo sedimentado a consecuencia de la acción de los vientos y la acción del tránsito vehicular.

En el centro de la ciudad, el rol más importante lo tienen los vehículos automotores, ya que estos alteran la composición de las partículas (Polvo) en compuestos tóxicos provenientes de la combustión de los combustibles, los cuales aumentan el riesgo en la salud de las personas.

La estación de muestreo ubicada en el C.S. Augusto B. Leguía (T-5), reportó los valores más altos de PS. La razón de ser radica en la dirección predominante del viento (Sur), el cual trae consigo material particulado de los terrenos arenosos ubicados al Sur. Así mismo, la estación de muestreo ubicada en el C.S. Bolognesi (T-1), reportó también elevados valores de PS por encontrarse a sotavento del local de INABIF. Los Cabitos y del estadio Paillardelly.

### **4. Partículas Totales en Suspensión - PTS (Método Activo)**

Las mayores concentraciones de PTS (por encima de los lineamientos de la OMS), se detectaron en la estación de muestreo T-1, ubicada en el C.S. Bolognesi, la cual debido a la dirección predominante del viento (S) recibe la contaminación atmosférica proveniente de la Av. Jorge Chavez, así como de los suelos no pavimentados del local de INABIF A Los Cabitos y del estadio Paillardelli. Cabe señalar que el mayor valor registrado coincidió con el

día de quemado de pasto, el cual ocurrió por algunas horas en el estadio deportivo, ubicado al Sur de la estación de muestreo. La estación de Bomberos presentó bajas concentraciones de PTS, debido a que tiene como principal y casi única fuente de contaminación, los vehículos que se desplazan por la Av. 2 de mayo.

La estaciones de muestreo T-3 y T-4 presentaron elevadas concentraciones de PTS debido al libre flujo de aire en la zona y a la falta de pavimento de sus pistas. Cabe sin embargo resaltar que el tránsito vehicular de la zona es escaso.

## **5. Plomo- Pb (Hi-Vol Activo)**

Las mayores concentraciones de plomo, se detectaron en la estación de muestreo T-1 (C.S. Bolognesi). La alta presencia de Pb en esta estación, se debe al elevado tránsito de taxis y combis por la zona.

### **4.4.0 EVALUACION DE PELIGROS EN LINEAS VITALES**

Se ha efectuado una evaluación sucinta de los peligros físicos que se presentan en las Líneas Vitales; cuya zonificación se describe a continuación:

#### **4.4.1 EN LAS OBRAS DEL PROYECTO VILAVILANI-TACNA**

##### **1.- CANAL UCHUSUMA BAJO-MAGOLLO**

El canal Uchusuma nace en la zona altoandina del departamento de Tacna, llamandose río Uchusuma, es de características particulares puesto que nace en Peru, recorre territorio chileno y regresa al Peru, pasando por la Quebrada Vilavilani y de allí a la bocatoma de Chuschuco donde es canalizado, ingresa a la zona urbana por el distrito de Calana y Pocollay, recorriendo toda la Av. Collpa – La Paz, llegando finalmente al lugar denominado Magollo.

El caudal de este canal aumenta considerablemente en época de crecida (meses de verano), ocurriendo desbordes de poca intensidad en distintos lugares de su trayecto. Pero en época de estiaje el caudal es insuficiente para la irrigacion de todas las areas de Magollo.

Este canal tiene algo más de 30 años de antigüedad, por ende existen bastantes zonas por las cuales se filtraba agua al subsuelo; en el año 2001 se empezó la remodelación del mencionado

canal pero por tramos, continuándose hasta la fecha.

En la parte alta o de las nacientes de este canal es la que deriva sus aguas a la principal fuente de abastecimiento de agua tanto para uso poblacional como para el agrícola (Magollo), convirtiéndose en fuente vital de trasvase de las aguas para el consumo humano. Por el estado y la antigüedad se le considera que tiene un peligro medio.

## **2.- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CALANA Y ALTO DE LIMA. EPS TACNA SA**

La Planta de Calana, la más grande de la ciudad trata las aguas provenientes del canal Uchusuma, que capta aguas provenientes del Atiplano, superficiales y subterráneas del campo de bombeo El Ayro. Se encuentra ubicada en el distrito de Calana, el mismo que se ubica valle arriba del distrito de Pocollay, e inmediatamente aguas abajo del Hospital de ESSALUD, que como cualquier centro hospitalario, es un lugar de manipulación y concentración de desechos altamente contaminantes de origen biológico y químico. Por lo tanto se le considera como Peligro Alto.

La Planta de Alto de Lima está ubicada en la última cuadra de la calle Alto Lima, perteneciente al distrito de Pocollay, aquí se procesa el agua proveniente del río Caplina, para luego ser distribuido por las diferentes redes que abastecen de agua a la ciudad de Tacna. Esta planta de tratamiento es muy importante, ya que si deja de funcionar podría ocasionar primero la racionalización y luego la escasez del suministro de agua.

La Planta de Alto de Lima por su antigüedad y estado de su infraestructura se le considera como Peligro Alto puesto que ya sobrepasó su vida útil, al tener más de 30 años de servicio; por lo tanto se recomienda la construcción de una nueva planta de tratamiento para que parte del sistema de agua potable no colapse en la ciudad.

## **3.- BOCATOMA Y DESARENADOR CALIENTES**

La Bocatoma de Calientes es la puerta de ingreso del agua potable para el consumo humano, todos los años se realizan mantenimiento o el desarenamiento en esta, puesto que colapsa por los sólidos que transporta el río Caplina en la época de avenidas. Se considera de Peligro Medio puesto que se debe ampliar el diseño para el mantenimiento de esta Bocatoma, considerando caudales máximos reales para su diseño.

#### **4.4.2 EN LAS VIAS DE ACCESO A TACNA**

##### **1.- CARRETERA PANAMERICA TACNA - NORTE**

Una de las principales vías de acceso a la ciudad de Tacna, esta vía posee una densidad vehicular media, pero es apta para vehículos pesados o de carga, por su ubicación geográfica se encuentra en zonas de pendiente no muy altas, no presenta curvas pronunciadas.

Por lo tanto podemos decir que esta vía no presenta problemas o tiene peligro bajo

##### **2.- CARRETERA TACNA-TARATA**

Esta vía en nuestra ciudad nace en el distrito de Alto de la Alianza, bordeando parte del Cerro Intiorko que está conformado por rocas consolidadas Ignimbritas de origen volcánico, con grado de fracturamiento medio, que no representa peligro. Luego de esta parte en roca volcánica pasa por una zona conglomerádica, para después seguir por el mismo material volcánico. El peligro latente en esta vía es por caídas de pequeños bloques de rocas fragmentadas en la zona de curvas de la carretera en su desarrollo para salir de Tacna a la zona de pampas costaneras, pero no se da en grandes cantidades, por ello se considera de peligro bajo.

##### **2.- CARRETERA PANAMERICANA TACNA -ARICA**

Esta vía comunica al vecino país de Chile con nuestra ciudad, generalmente vehículos provenientes del puerto de Arica, por aquí transitan vehículos de todos los tamaños y pesos, es de densidad vehicular media, presenta una pendiente no pronunciada, no presenta peligros.

#### **4.5.0 MAPA DE PELIGROS MÚLTIPLES**

##### **4.5.1 ZONIFICACION DE PELIGROS MÚLTIPLES**

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de los fenómenos de origen geológico-geotécnico, climático y geológico-climáticos en un punto determinado del área de estudio que comprende los distritos de Tacna, con sus áreas de expansión urbana, es que se ha procedido a confeccionar el Mapa de Peligros Múltiples de la ciudad de Tacna, que se presenta en la Lámina N° 18, el cual se divide en 04 sectores según el grado de peligro.

##### **Zona de Peligro Bajo:**

En esta zona los suelos son de clasificación SM arenas limosas conformadas por cenizas volcánicas ubicadas en la zona Norte del distrito de Pocollay y algunos sectores del distrito

de Alto de la Alianza, gravas pobremente graduadas GP y gravas bien graduadas GW ubicadas en el resto de lugares del distrito de Pocollay, parte alta del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa y gran parte del distrito de Cercado. Con los valores obtenidos en los diferentes ensayos realizados, se puede definir que esta zona no presenta problemas de colapsabilidad de suelos, grandes asentamientos ni de amplificación de ondas sísmicas.

### **Zona de Peligro Medio:**

Conformada por suelos de clasificación SM arenas limosas, que abarcan casi la totalidad de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva; suelos SM-SC arenas limo-arcillosas en el sector nor-oeste del distrito de Cercado de Tacna; así como los canales rellenos del río Caramolle que discurría por la actual Av. Augusto B. Leguía, ribera del río del Cerro Arunta, también canales de otros ríos rellenos; asimismo, se ha identificado a los suelos con problemas moderados de colapsabilidad ubicados en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, edificios Enace II, terreno del Municipio, Asociación de Vivienda San Francisco, parte de la Asociación de Vivienda 28 de Agosto y parte de la Asociación de Vivienda Vista Alegre. En los suelos SM arenas limosas se esperan amplificaciones moderadas de ondas sísmicas; el asentamiento determinado tiene valores de 0.7cm a 2cm, que no causarían problemas estructurales en las viviendas, sus potenciales de colapso tienen valores de 0.24% a 1.2%, siendo mayor a 1% en el distrito de ciudad Nueva, estando en problema moderado. Los cauces de ríos rellenos también presentan peligro debido a que frente a una variación del clima con precipitaciones altas que podrían generar importantes caudales que desbordarían los encauzamientos actuales, retomando sus cauces originales, y en las riberas de los ríos actuales podrían ocurrir desbordes por el aumento del caudal ocasionando inundaciones de áreas de cultivo y zonas urbanas.

En lo que respecta a Peligros Antrópicos el Centro de Salud Bolognesi tiene alta concentración de Partículas Sedimentables - PS (Jarras), Partículas Totales en Suspensión - PTS, Plomo- Pb, por encima de lo permitido por la OMS.

### **Zona de Peligro Alto:**

Conformada por depósitos antropogénicos o de relleno R, en algunos sectores de los distritos de Alto de la Alianza (Terminal del Altiplano), en el distrito de Ciudad Nueva (laderas del Cerro Intiorko, estadio La Bombonera, extremo Oeste de la Asociación de Vivienda 28 de Agosto y en Gregorio Albarracín Lanchipa (áreas aledañas a la cantera del Municipio Provincial de Tacna). Aquí se esperan importantes amplificaciones de ondas sísmicas, sus

valores de potencial de colapso varían entre 5% a 10% que estarían en el rango de problema. Los suelos están propensos a que fallen por corte, sus asentamientos sobrepasan los 3 cm perjudicando fuertemente las estructuras en caso de que suceda el asentamiento.

En otro sector los suelos en esta zona están conformados por arenas limo-arcillosas de clasificación SM-SC ubicadas en el Hospital Hipólito Unanue y zonas aledañas, cuyos resultados más preocupantes son los valores del potencial de colapso, que dan mayor a 10%, que significa grandes riesgos de que el suelo falle por corte, con valor de asentamiento esperado mayor a 6 cm, siendo este valor alarmante debido a que se encuentra en una zona urbana de alta densidad poblacional. Cabe indicar que con el sismo del 23 de Junio de 2001, el Hospital Hipólito Unánue sufrió fuertes daños, habiendo sido reforzadas sus estructuras luego de un largo período de reconstrucción.

El otro lugar que posee problemas está ubicado en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa en una curva del río Caplina, cerca de la quebrada Viñani, en el extremo del cerro Arunta, siendo uno de sus problemas la estabilidad del talud por erosión del flujo del agua en su base en época de crecida, que podría ocasionar desprendimientos de bloques de la ladera, que a su vez producirían represamiento del río con su consecuente desborde, inundando las viviendas que se encuentran próximas a dicha zona como la Asociación de Vivienda El Morro.

### **Zona de Peligro Muy Alto:**

Está identificada en zonas de depósitos antropogénicos o de relleno R, ubicadas en el lugar denominado “Quebrada del Diablo”, donde se encuentra la Junta Vecinal La Florida perteneciente al distrito Alto de la Alianza, que presenta problemas de colapsabilidad de suelos, estando sus valores entre 5% a 10%, altos valores de amplificación sísmica, despreciable contenido de sales y sulfatos en los suelos, los asentamientos esperados son mayores a 5cm. El otro peligro que concurre en esta zona es el de avenidas de grandes caudales ante un evento hidrológico extremo, al estar ubicada en pleno cauce de la quebrada Del Diablo, por donde ya discurrieron históricamente flujos de barro el siglo pasado.



## **CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS NATURALES**

### **5.1.0 IDENTIFICACION DE AREAS SEGURAS**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se han identificado zonas más seguras para su habitabilidad, las que corresponden a las zonas de menor grado de peligro múltiple (PELIGRO BAJO) y que son las siguientes:

#### **En el distrito de Pocollay:**

- a).- Areas de suelos clasificación SM arena limosa de cenizas volcánicas
- b).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas

#### **En el distrito de Alto de la Alianza:**

- a).- Areas de suelos clasificación SM arena limosa de origen fluvial, en el Instituto Tecnológico Vigil y espaldares.
- b).- Areas de suelos clasificación SM arena limosa de origen fluvial, espaldas estadio Maracaná

#### **En el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa**

- a).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, zonas aledañas al mercado Héroes del Cenepa
- b).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, zonas aledañas plaza E. Perez Gamboa
- c).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, Urb. Las Begonias y alrededores
- d).- Areas de suelos clasificación SM arenas limosas de origen fluvial, zona del Mercado Santa Rosa y aledaños

#### **En el distrito del Cercado**

- a).- Areas de suelos clasificación SM arenas limosas de origen fluvial, Junta Vecinal Leoncio Prado
- b).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, estadio Jorge Basadre y alrededores

- c).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, Colegio F.A.Z. y zonas aledañas
- d).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, Centro Poblado Menor Natividad
- e).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, Ciudad Universitaria U.N.J.B.G. y zonas aledañas
- f).- Areas de suelos clasificación GP gravas pobremente graduadas, alrededores colegio Cristo Rey

Los distritos de Pocollay, Gregorio Albarracín Lanchipa, y gran parte del distrito de Tacna son zonas seguras con zonificación de peligro bajo. Sin embargo, en todos los distritos existen zonas de rellenos que conforman zonas de peligro alto y peligro medio, en especial los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva.

Otros sectores pertenecientes a los distritos de Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Tacna conformadas por arenas limosas SM pertenecen a zonas menos seguras (PELIGRO MEDIO) y que estan siendo habitados desde hace algunos años por muchas familias, que construyeron sus casas sin tener en cuenta las recomendaciones tecnicas necesarias para que sus viviendas se adecuen a ese tipo de suelo. Estas recomendaciones o pautas técnicas se mencionan a continuación.

## **5.2.0 PAUTAS TECNICAS**

### **5.2.1 PAUTAS TECNICAS DE HABILITACION URBANA**

Los procesos de habilitación urbana con fines de ocupación deberán contemplar las siguientes pautas técnicas, con la finalidad de garantizar la estabilidad y seguridad física de la ciudad de Tacna y distritos, incluyendo áreas de expansión urbana, tanto en las habilitaciones existentes como en las futuras.

#### **5.2.1.1 PAUTAS TECNICAS DE HABILITACIONES URBANAS EXISTENTES**

##### **DISTRITO DE ALTO DE ALIANZA Y CIUDAD NUEVA**

- a).- Restringir la densificación poblacional y la construcción de estructuras importantes en áreas calificadas como de Peligro Muy Alto y Peligro Alto; ubicadas principalmente en

lugares donde se tenga potenciales de colapso mayores a 1% y cuyos asentamientos sean mayores a 2.5 cm.

b).- En el distrito de Ciudad Nueva, laderas del Cerro Intiorko, restringir el crecimiento urbano de las mismas, asimismo, restringir el crecimiento vertical de las edificaciones. En situaciones inusuales donde la falta de espacio sea el factor preponderante, las cimentaciones de las estructuras deberán de llegar hasta el basamento rocoso, atravesando todo el material suelto conformado por arenas limosas.

b).- En las zonas de Peligro Medio, promover el reforzamiento de las habilitaciones urbanas y restringir el crecimiento vertical de las mismas.

c) En la zona de Peligro Alto conformante por el cauce de la quebrada Caramolle, restringir las habilitaciones urbanas. En el peor de los casos deberá dejarse libre anchos mínimos importantes para un adecuado drenaje de una posible avenida en esta quebrada.

#### **DISTRITO DE POCOLLAY**

a).- Restringir la densificación poblacional en áreas calificadas como de Peligro Alto; ubicadas principalmente en lugares donde se tenga potenciales de colapso mayores a 1% y cuyos asentamientos sean mayores a 2.5 cm.

#### **DISTRITO DE TACNA**

a).- En la zona de Peligro Alto, alrededores del Hospital Hipolito Unanue, compuesta por arenas limo-arcillosas se debe de prohibir el crecimiento vertical de las estructuras existentes en dichos lugares, a su vez no debe aumentar su densidad poblacional.

b).- En lugares que pertenecen a la zona de Peligro Medio prohibir el incremento poblacional, de igual forma evitar que las edificaciones sean altas, o mayores de dos pisos; asimismo, recomendar que las cimentaciones sobrepasen la capa de arena limosa superficial y que se cimente sobre el material competente, que está a mayor profundidad, conformado por gravas.

#### **DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACIN**

a).- En zonas de Peligro Medio se deberán colocar los cimientos de las estructuras por debajo de la capa dura que se encuentre (grava compacta o caliche), así como prohibir la construcción en lugares cercanos al cauce del río Viñani.

b).- En la zona de Peligro Alto se recomienda restringir las habilitaciones urbanas, más bien proyectar habilitaciones recreacionales, pero que a su vez sirvan de protección ante una posible avenida de la quebrada Viñani.

e).- Implementar la pavimentación de las vías urbanas utilizando el tipo de recubrimiento (rígido o flexible) más apropiado con la finalidad de disminuir el transporte de partículas sólidas por los vientos.

f).- Planteamiento integrado de los sistemas de redes ( agua, desagüe, energía, drenaje pluvial y vías ), en base a los resultados de estudios a desarrollarse, estudios existentes y Proyectos en actual ejecución para la ciudad de Tacna.

h).- En las zonas de vías no pavimentadas la altura del nivel de piso terminado debe ubicarse a 0.60 m. por encima del nivel actual de las pista, considerando la posible elevación de la rasante de la vía, cuando ésta se pavimente.

#### **5.2.1.2 PAUTAS TÉCNICAS DE HABILITACIONES URBANAS NUEVAS**

a).- Las areas donde se proyecta ubicar las nuevas habilitaciones urbanas, deben ser las más seguras que se pueden encontrar en cada distrito, cumpliendo todas las normas legales par tal fin. Estas areas de expansión se ubican en:

- Distrito de Pocollay: áreas libres de la zona con suelos de clasificación SM de cenizas volcánicas, y gravas pobremente guardadas GP.
- Distrito de Ciudad Nueva: áreas de poca pendiente o planas en la zona alta del cerro Intiorko.
- Distrito de Alto de la Alianza: terrenos de pendientes bajas o planas de la parte alta del cerro Intiorko.
- Distrito de Tacna: sectores no ocupados de suelos clasificación GW de gravas bien graduadas, ubicados al Sur de la ciudad.
- Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa: en el sector ubicado al Sur de este distrito.

b).- Reglamentar y controlar la ubicación de nuevas habilitaciones en el área de expansión sobre las áreas de protección tales como: laderas de los cerros, cursos de aguas naturales, acequias, canales, drenes, rellenos, etc.; sobre las cuales debe quedar prohibida la construcción de edificaciones para fines urbanos.

c).- Las nuevas habilitaciones urbanas y obras de ingeniería deberán tomar en cuenta los terrenos rellenados (sanitario o desmonte), áreas inundables; de manera que sobre estas áreas no se desarrolle ninguna edificación para fines urbanos o se tome en cuenta los estudios, proyectos y medidas de mitigación requeridas

d).- No se permita en los sectores calificados de Peligro Muy Alto y Alto el uso para habilitaciones urbanas.

f).- Las áreas no aptas para fines urbanos deberán ser destinadas a uso recreacional, paisajístico, u otros usos aparentes, que no requieran de altos montos de inversión para su habilitación.

g).- Las habilitaciones urbanas para uso de vivienda deben adecuarse a las características particulares de la ciudad de Tacna, a factores climáticos así como a la vulnerabilidad ante la ocurrencia de fenómenos naturales; poniendo especial interés a la ocurrencia de sismos y la producción de avenidas excepcionales.

h).- Las áreas destinadas para recreación pública de las urbanizaciones nuevas deben ser del 13% de su área total, distribuidas en una o más áreas dentro de la estructura integral de habilitación, de manera tal que permitan un uso funcional y sirvan como área de refugio en caso de producirse un desastre.

m).- El diseño de las vías debe contemplar la arborización en las bermas laterales para interceptar la exposición al sol, polvos y CO<sub>2</sub>.

## **5.2.2 PAUTAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES**

A continuación se presentan recomendaciones técnicas para orientar el proceso de edificación en la ciudad de Tacna, con la finalidad que las construcciones estén preparadas para afrontar la eventualidad de un sismo y la presencia de periodos extraordinarios de lluvias y sus consecuencias, reduciendo así su grado de vulnerabilidad.

a).- Previo a las labores de excavación de cimientos, deberá ser eliminado todo el material de desmonte que pudiera encontrarse en el área en donde se va a construir la edificación.

b).- Los cimientos de las estructuras deben fijarse sobre suelos cuyas capacidades de carga sean siempre mayores a la carga total aplicada dado por el diseño de la estructura.

c).- No debe cimentarse nunca sobre suelos orgánicos, suelos susceptibles a cambios de volumen, suelos aluviales sueltos, desmonte o relleno sanitario, estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad antes de construir la edificación y reemplazarlos con material de relleno seleccionado (GM y GC preferentemente), controlados y mejorar sus condiciones físico-mecánicas.

d).- La cimentación de las edificaciones debe ser diseñada de modo que la presión de contacto o actuante para la condición más crítica de servicio, con ocurrencia de sismo, sea inferior o cuando menos igual a la capacidad portante del terreno. En términos generales los valores conservadores de capacidad portante propuestos para el diseño de la cimentación en los distritos de Pocollay, Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, Alto de la Alianza y Ciudad Nueva se muestran en la tabla siguiente:

ZONAS	MICRO TREMOR Hz		DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )		DENSIDAD RELATIVA (%)		PRESION ADMISIBLE MEYERHOF (Kg/cm <sup>2</sup> )		PROF. MINIMA DE CIMENTO (m)	POTENCIAL DE COLAPSO I <sub>c</sub> (%)		ASENTAMIENTO DE SUELOS (cm)	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		MIN	MAX	MIN	MAX
ZONA I	0.14	0.15	1.34	1.39	70.00	100.00	2.54	2.90	1.0 m	0.21	0.50	1.98	2.01
ZONA II	0.20	0.25	1.46	1.63	40.00	70.00	0.63	0.76	2.0 m	0.78	0.80	2.38	5.21
ZONA III	0.23	0.25	1.67	1.69	54.00	55.00	0.58	0.64	2.0 m	1.72	11.50	2.38	5.21
ZONA IV	0.09	0.10	2.07	2.16	67.00	79.00	3.41	4.50	1.0 m	0.24	1.51	1.31	1.44
ZONA V	0.09	0.10	2.06	2.17	75.00	98.00	3.50	3.62	1.0 m	0.48	0.50	1.02	1.13

e).- En suelos areno limosos se debe de tomar en cuenta realizar un diseño estructural adecuado para la construcción de viviendas, con la finalidad de evitar grandes daños frente a eventos sísmicos como el agrietamiento de sus muros.

f).- Si las viviendas se encuentran en zonas de relleno se recomienda mejorar las condiciones del suelo, efectuándose compactación por capas de un espesor máximo de 20 cm de acuerdo con las técnicas de compactación oficialmente reconocidas, o de lo contrario, utilizar plateas de cimentación. (Fuente: Reglamento Nacional de Construcción)

g).- Para las construcciones proyectadas en la ciudad de Tacna, de uno a dos pisos, las cimentaciones podrán usar cemento Pórtland de tipo I y serán de tipo superficial de acuerdo a los valores de Capacidad Portante del terreno.

h).- En los suelos areno limosos (SM) si se proyectan edificaciones de más de dos pisos es recomendable usar zapatas conectadas con vigas de cimentación a fin de reducir los asentamientos diferenciales que puedan ocurrir en caso ocurriese un sismo.

i).- Las características de las edificaciones deben responder a las técnicas de construcción recomendadas por el Reglamento Nacional de Construcción.

j).- En cuanto a los lotes se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Los lados de preferencia deberán ser perpendiculares a su frente.
- Su largo no podrá ser mayor a 4 veces su frente, ni menor a 15 m.
- Ningún lote podrá tener en relación con la calzada un desnivel mayor a 60 cm.
- Todo lote deberá quedar totalmente liberado de desmonte.

k).- En las edificaciones destinadas a concentraciones de gran número de personas se debe exigir un Estudio de Mecánica de Suelos puntual, y un diseño específico que cumpla con las normas de seguridad física y garantice su uso como área de refugio (hospitales, escuelas, oficinas administrativas, hoteles, restaurantes, salas de baile, almacenes comerciales, edificios industriales, etc.).

l).- Los edificios destinados para concentraciones de un gran número de personas, deberán considerar libre acceso desde todos sus lados, así como salidas y rutas de evacuación dentro u alrededor del edificio.

m).- Para lograr que las construcciones resistan desastres naturales se recomienda lo siguiente:

- Incluir refuerzos laterales: el edificio debe diseñarse para que las paredes, los techos y los pisos se apoyen mutuamente. Una pared debe actuar como refuerzo para otra. El techo y los pisos deberán usarse para dar rigidez horizontal adicional. Deben evitarse las ventanas y las puertas cerca de las esquinas.

- Ofrecer resistencia a la tensión: los amarres entre vigas y columnas deben estar fuertes para que no se separen. Los edificios de ladrillo deben estar amarrados con madera o acero. Los techos deben estar firmemente amarrados a las paredes.
- Fomentar la buena práctica local: la observancia de aspectos como una elección sensata de la ubicación, buenos materiales, y el mantenimiento regular que irá en beneficio de edificios más seguros.

Fuente: Dr. R. Spence, Universidad de Cambrige.

n).- Las Directrices de las Naciones Unidas para la seguridad de las edificaciones recomienda formas y disposiciones para los edificios, que si bien atentan contra la libertad del diseño, reduce su vulnerabilidad ante desastres. Estas orientaciones se seguirán, previendo los efectos de los fenómenos probables:

- Los edificios deben ser de formas sencillas, manteniéndose la homogeneidad en las formas y el diseño estructural. Se recomiendan las formas horizontal cuadrada o rectangular corta.
- Se debe evitar:
  - Edificios muy largos
  - Edificios en forma de L o en zig-zag.
  - Alas añadidas a la unidad principal.
- La configuración del edificio debe ser sencilla evitándose:
  - Grandes diferencias en las alturas de distintas partes del mismo edificio.
  - Torres pesadas y otros elementos decorativos colocados en la parte más alta de los edificios.

o).- Para mejorar el comportamiento sísmico de las edificaciones se debe mantener las siguientes condiciones en las construcciones:

- \* Simetría, tanto en la distribución de masas como en la rigidez.
- \* Peso mínimo especialmente en los pisos altos.
- \* Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- \* Resistencia adecuada.
- \* Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- \* Ductilidad como requisito indispensable para un comportamiento satisfactorio.



\* Deformación limitada ya que en caso contrario los daños en elementos no estructurales podrán ser desproporcionados.

\* Buena práctica constructiva e inspección rigurosa.

p).- Para la instalación de tuberías en suelos sujetos a movimientos fuertes, se deberá emplear materiales dúctiles como el polietileno y tuberías de PVC.

q).- La accesibilidad, circulación y seguridad para los limitados físicos, deben estar garantizadas con el diseño de las vías y accesos a lugares de concentración pública, siendo obligatoria en toda construcción o remodelación de obras urbanas que se realicen en el territorio nacional. (Fuente: RNC)

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1.0 CONCLUSIONES**

a) Geomorfológicamente la Ciudad de Tacna está asentada en el Valle del Rio Caplina, a una altura de 550 m.s.n.m, entre los Cerros Arunta e Intiorko, que oscilan entre 850 y 950 m.s.n.m. de altitud; en la parte de su curso correspondiente al sector terminal del Canal de Desague, zona de transición al cono de deyección.

b) Climáticamente la ciudad de Tacna es de características desérticas, con prácticamente inexistencia de lluvias en la propia ciudad, considerándose la cabecera del gran desierto de Atacama que se extiende por territorio chileno. Pero conectada con la cuenca alta húmeda, otorgándole a la presencia del agua en los ríos características especiales de variabilidad espacial y temporal.

c) Litoestratigráficamente la Formación geológica más antigua de su entorno es la Formación Moquegua miembro Superior, de edad Terciario Superior, compuesta de horizontes de conglomerados, areniscas, limonitas y arcillas; en la base del Cerro Arunta. Encima rocas volcánicas ignimbríticas de la Formación Huaylillas de edad Terciario Superior-Cuaternario Inferior que conforman el cuerpo principal de los Cerros Intiorko y Arunta, respaldos del valle del río Caplina. Encima, conformando las pampas costaneras, una Unidad Conglomerádica del Cuaternario en la parte alta de los cerros. Y depósitos Cuaternarios aluviales y fluviales recientes de la evolución del río Caplina en el propio valle, lugar de asentamiento de la ciudad.

- d) Hidrogeológicamente, está probada la existencia de aguas subterráneas en toda la ciudad, a profundidades del orden de 100 m., no constituyendo problema geotécnico para las edificaciones, pues no tienen ningún contacto con los suelos en la zona utilizable de fundación, y más bien constituyen un importante recurso ante la escasez de agua en la región.
- e) De acuerdo a la distribución de las áreas de ruptura de la corteza terrestre asociadas al proceso de subducción de la placa tectónica de Nazca, en base al estudio de grandes terremotos ocurridos en la región Sur del Perú y Norte de Chile durante los siglos XIX y XX, la región de Arica y Tacna conforman una zona de silencio sísmico. Por estas consideraciones, en este sector de América del Sur, se espera la ocurrencia de un gran sismo de magnitud superior a la del sismo del 23 de Junio de 2001.
- f) De acuerdo a la clasificación SUCS, los suelos de Tacna están conformados de tipos GP gravas mal graduadas, GW gravas bien graduadas, SP arenas mal graduadas, CL arcillas de baja compresibilidad, y SM arenas limosas; así como rellenos.
- g) En la clasificación SM se ha distinguido tres tipos de arenas limosas, como SM\_1, SM\_2 y SM\_3, atendiendo a su origen, con características geotécnicas diferentes.  
Como SM\_1 se ha clasificado a las cenizas volcánicas de amplia distribución superficial en toda la parte Norte de la ciudad y muy buenas características geotécnicas. SM\_2 arenas limosas de deluviales mezcladas con aluviales, de regulares características geotécnicas, distribuidas en las zonas urbanas marginales de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Y, SM\_3 arenas limosas de origen deluvial-fluvial, de pequeña distribución en el flanco Oeste de la ciudad, de malas características geotécnicas.
- h) La capacidad portante de los suelos varía desde un máximo de  $4,50 \text{ kg/cm}^2$  en suelos GP asociados a todo el flanco Este del valle, hasta un mínimo de  $0,58 \text{ kg/cm}^2$  en suelos SM\_3 de arenas limosas de origen deluvial – fluvial del flanco Oeste del valle.
- i) Los fenómenos de origen geológico-geotécnico de mayor incidencia son: expectativa de ocurrencia de un gran sismo por encontrarse Tacna en una región con importante silencio sísmico; y amplificación sísmica local.

- j) Los fenómenos de origen climático de mayor incidencia, son inundación por desborde de ríos, y erosión por altas velocidades de las quebradas, asociados a la presentación del fenómeno El Niño o lluvias inusuales.
- k) En la ciudad de Tacna se han establecido cuatro niveles de peligros múltiples en función del análisis de la información recogida en el campo y testimonial de la ocurrencia de fenómenos de origen geológico-geotécnico y fenómenos climáticos, que se describen a continuación:

**Zona de Peligro Bajo:**

Suelos de clasificación GW y GP en la mayor parte, presentes en los distritos de Pocollay en aproximadamente el 50% de su superficie, Cercado casi en su totalidad, y Gregorio Albarracín Lanchipa totalmente. Con capacidades portantes en el rango de 2,54 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo y 4.50 Kg/cm<sup>2</sup> máximo, bajo peligro climático por avenidas o inundaciones; no presenta problemas de colapsabilidad de suelos, grandes asentamientos ni de amplificación de ondas sísmicas.

**Zona de Peligro Medio:**

Con suelos de clasificación SM arenas limosas, que abarcan casi la totalidad de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva y sector nor-oeste del distrito de Cercado de Tacna. Asimismo, canales rellenos del antiguo río Caramolle y áreas próximas al actual cauce del río Caplina por la quebrada Arunta. Con amplificaciones moderadas de ondas sísmicas, asentamiento determinado bajo, así como potenciales de colapso bajo, del orden de 0.7cm a 2cm.

**Zona de Peligro Alto:**

Conformada por depósitos antropogénicos o de relleno R, y suelos clasificación SM de arenas limosas, con importantes amplificaciones de ondas sísmicas, valores de potencial de colapso entre 5% a 10%, (rango problema). Suelos propensos a falla por corte, asentamiento mayor a 3cm., y capacidad portante entre 0.63 Kg/cm<sup>2</sup> a 0.76 Kg/cm<sup>2</sup>. Definida en algunos sectores de los distritos de Alto de la Alianza como el Terminal del Altiplano, de Ciudad Nueva en las laderas del Cerro Intiorko, estadio La Bombonera, extremo Oeste de la Asociación de

Vivienda 28 de Agosto; y en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa en áreas aledañas a la cantera del Municipio Provincial de Tacna.

En el Hospital Hipólito Unanue y zonas aledañas, valores de potencial de colapso mayor a 10%, que significa grandes riesgos de que el suelo falle por corte, con valor de asentamiento esperado mayor a 6 cm. y capacidad portante de 0.58 Kg/cm<sup>2</sup> á 0.64 Kg/cm<sup>2</sup>

Considerando un evento climático excepcional productor de desbordes e inundaciones, la zona de la derivación Calana del río Caplina y puente vial, en la cabecera de la ciudad, y el codo Arunta de la quebrada del mismo nombre en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, por donde discurren actualmente las crecidas del río Caplina.

### **Zona de Peligro Muy Alto:**

Con suelos compuestos por rellenos de importante espesor de características geotécnicas muy malas, y riesgo climático de avenidas, desbordes e inundaciones, en la entrega de la Quebrada del Diablo, distrito de Alto de la Alianza.

## **6.2.0 RECOMENDACIONES**

Implementar los proyectos identificados para mitigar los efectos de los fenómenos naturales de origen geológico – geotécnico y climáticos siguientes:

- Proyecto N° 01 : EVALUACIÓN, REFORZAMIENTO Y PROTECCION DE VIVIENDAS
- Proyecto N° 02 : REDISEÑO ENCAUZAMIENTO RIO CAPLINA, ALTURA PUENTE CALANA-CERRO BLANCO
- Proyecto N° 03 : ESTUDIO DE INFILTRACIONES DE REDES DE AGUA Y DESAGUE EN LA ZONA MONUMENTAL DE TACNA
- Proyecto N° 04 : ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL CODO CERRO ARUNTA
- Proyecto N° 05 : REFORZAMIENTO DEFENSA CODO CERRO ARUNTA
- Proyecto N° 06 : REDISEÑO Y/O REFORZAMIENTO DE LA BOCATOMA CALIENTES-CALANA
- Proyecto N° 07 : REUBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CALANA
- Proyecto N° 08 : ASFALTADO DE VIAS, CONSTRUCCION DE VEREDAS Y ARBORIZACIÓN

- Proyecto N° 09 : PROTECCIÓN Y ENCAUZAMIENTO DE LA QUEBRADA CARAMOLLE
- Proyecto N° 10 : PROTECCIÓN Y ENCAUZAMIENTO DE LA QUEBRADA DEL DIABLO

## BIBLIOGRAFÍA

- \* III CONGRESO NACIONAL DE MECANICA DE SUELOS. *“Cimentaciones en la Región de la Costa”*. Lima-Perú, 1978.
- \* BOWLES, Joseph. *“Foundation Analysis and Design”*, 5th edition, McGraw-Hill, New York, N.Y., U.S.A., 1996.
- \* CAPECO. *“Reglamento Nacional de Construcciones”*. Norma E.20 (Cargas), Norma E.050(Suelos y Cimentaciones), Norma E.030 (Diseño Sismorresistente), Norma E.060 (Concreto Armado). Lima, 2002.
- \* CODUTO, D. P. *“Foundation Design; Principles and Practices”*, 2nd edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., U.S.A., 2001.
- \* CHEN, Wai-Fah & SCAWTHORN, Charles. *“Earthquake Engineering Handbook”*. 1344 Pages. CRC PRESS LLC. Boca Raton, Florida, 33431. USA, 2003.
- \* CHEN, Wai-Fah. *“Handbook of Structural Engineering”*. 1650 Pages. CRC PRESS LLC. Boca Raton. USA, 1999.
- \* CHEN, Wai-Fah & LIEW, Richard. *“The Civil Engineering Handbook”*. 2904 Pages. CRC PRESS LLC. Boca Raton. USA, 2003.
- \* DELLEUR, Jacques W. *“The Handbook of Groundwater Engineering”*. 992 Pages. CRC PRESS LLC. Boca Raton. USA, 1999.
- \* DOWRICK, David. *“Earthquake Resistant Design”*. Jhon Wiley & Sons. Great Britain, 1987.
- \* ESRI. *“Users Manual ArcGIS”*. Environmental Systems Research Institute, Inc. USA, 2003.
- \* GEOSYSTEM. *“Users Manual Geosystem Software”*. Von Gunten Engineering Software, Inc. Fort Collins, CO 80526-2882 USA, 2004.
- \* GEOSTRU. *“Users Manual LoadCAP & Dynamic Probing”*. Geostru Software International. Italia, 2004.
- \* HOEK, Evert. *“Rock Engineering”*. Grupo de Ingeniería de Rocas. Ontario, 2000.
- \* IGEOTEST. *“Ensayos Geotécnicos INSITU”*, Ediciones Igeotest. Castelló de Empires, Girona. España, 1998.

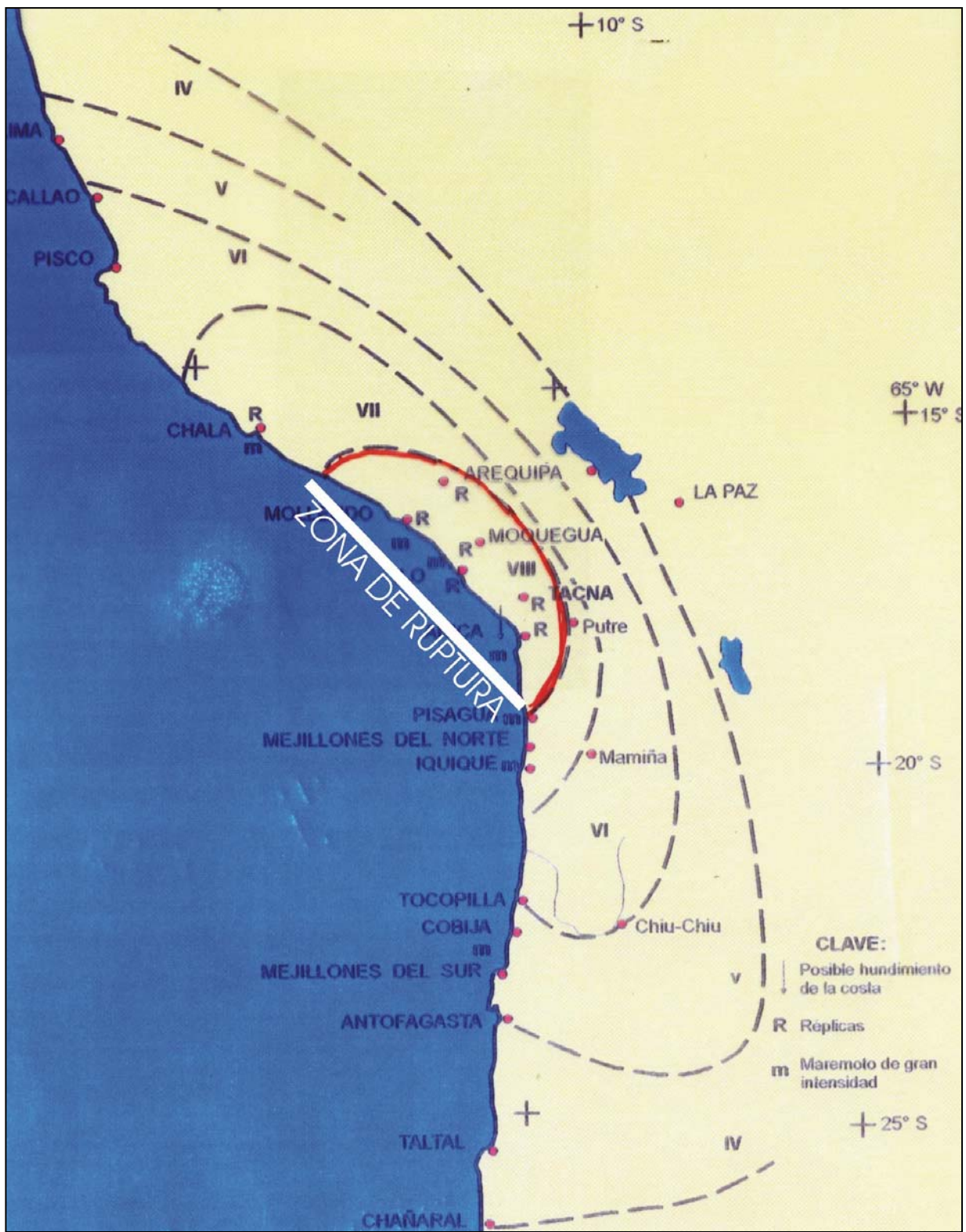
- \* INDECI. *"Guía Para La Elaboración del Riesgo"*, Dirección Nacional de Prevención. Lima, 2000.
- \* INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA(ITGE) y EPTISA. *"Manual de Ingeniería de Taludes"*. Madrid, 1986.
- \* KUROIWA, Julio. *"Reducción de Desastres-Viviendo en Armonía con la Naturaleza"*. CECOSAMI-QUEBEQOR WORLD PERU SA. Lima, 2002.
- \* MARTINEZ V., Alberto. *"Aporte sobre Huaycos e Inundaciones en el Perú"*. Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ing° Civil. Lima, 2000.
- \* MARTINEZ V., Alberto. *"Geotecnia Para Ingenieros"*. Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ing° Civil. Lima, 1990.
- \* MEZA A., Pablo R. *"Consideraciones Geotécnicas con Fines de Cimentación"*. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Julio 1998.
- \* POUHEY, Nora. *"Planificación Hidroambiental"*. Anotaciones del Curso de Maestría en Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, 2004.
- \* PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SAO PAULO. *"Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Municipio Sao Paulo"*. Fundacao Centro Tecnológico de Hidráulica. Sao Paulo, 2002.
- \* RICO R., Alfonso; DEL CASTILLO, Hermilio. *"La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres"*. México, 1980.
- \* RICARDI, Gerardo. *"Hidrología en Medios Antropizados - Urbanos"*. Anotaciones del Curso de Maestría en Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, 2004.
- \* SARRIA M., Alberto. *"Ingeniería Sísmica"*. Ediciones Uniandes. Santa Fé de Bogota, DC. Colombia, 1995.
- \* SILVA J., BERRIOS J. *"Estudio de Suelos Para Cimentaciones en Edificaciones del Cono Norte de la Ciudad de Tacna"*. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada de Tacna. Tacna, Agosto de 1998.
- \* UNJBG-INDECI-PNUD PER 98/018 *"Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna – Cono Norte"*. Tacna, Octubre de 2001.
- \* U.S. ARMY CORPS OF ENGINEER. *"Bearing Capacity of Soils"*. Washington, DC 20314-1000, Octubre 1992.
- \* U.S. ARMY CORPS OF ENGINEER. *"Settlement Analysis"*. Washington, DC 20314-1000, Setiembre 1990.



---

# FIGURAS





*Isosistas según Mercalli Modificada (Kausel, 1985)*

FIGURA N° 01 MAPA DE INTENSIDADES DEL SISMO DE 1868

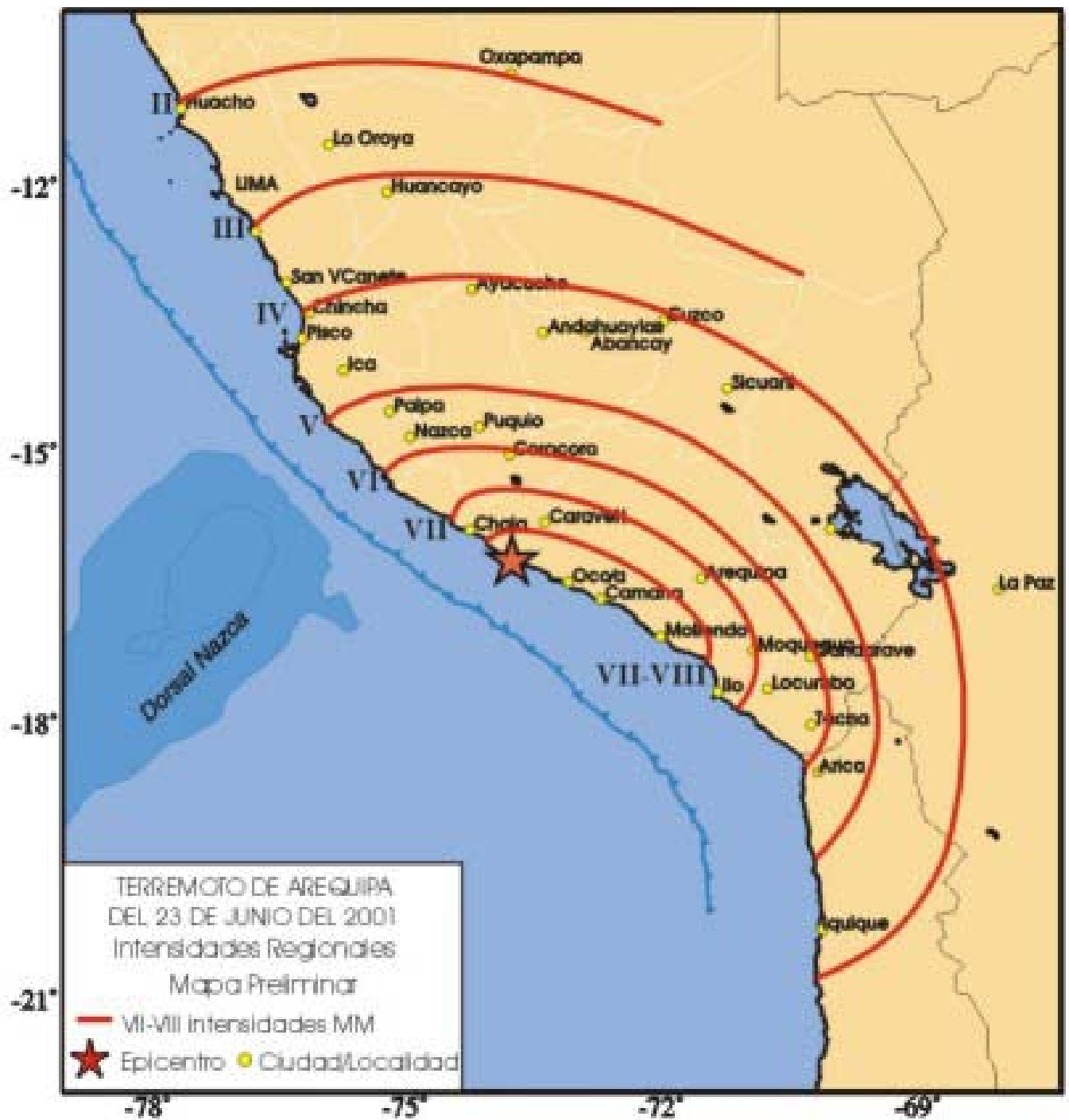


FIGURA N° 02 MAPA DE INTENSIDADES DEL SISMO DEL 23 06 2001

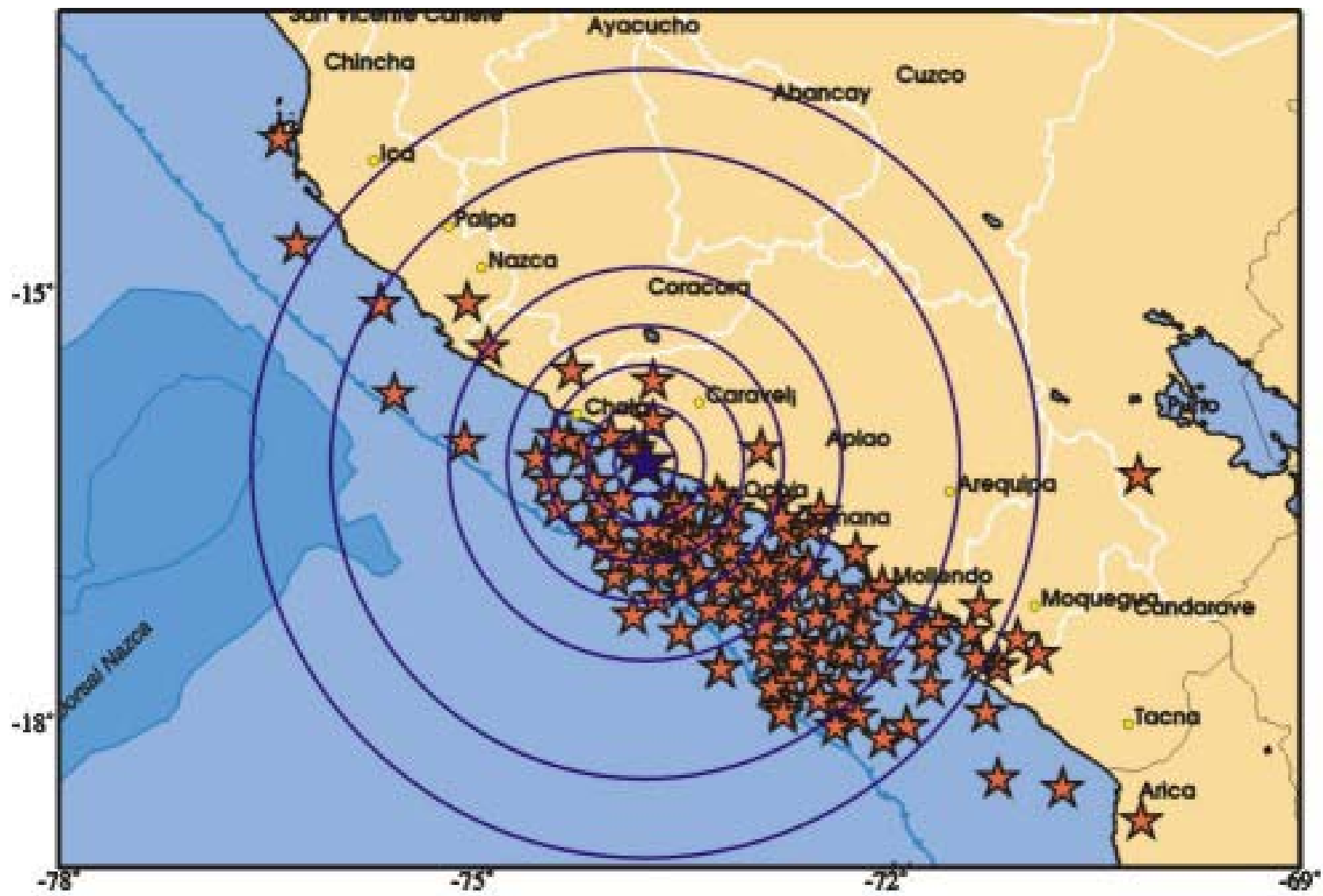
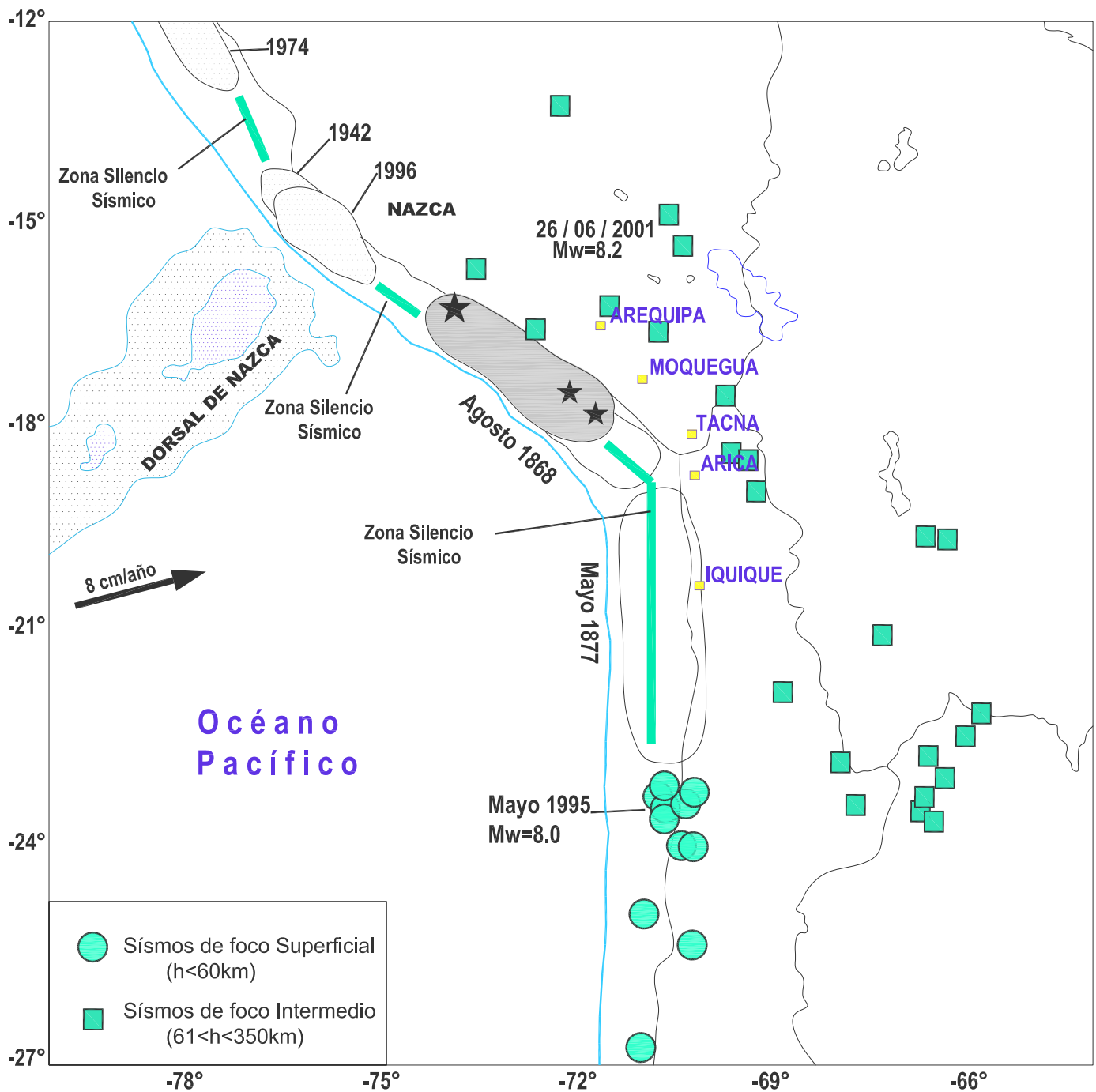


FIGURA N° 03 SISMO DEL 23 DE JUNIO DE 2001 Y SUS REPLICAS



Distribución de las áreas de ruptura de grandes terremotos asociados al proceso de subducción y ocurridos en la región sur de Perú y norte de Chile durante los siglos de XIX y XX. La zona sombreada de gris oscuro corresponde al área de ruptura del terremoto de Arequipa del 23 de Junio del 2001 (estrella grande) y su serie de replicas (replicas mayores con estrellas pequeñas).

FIGURA 04: BRECHA SÍSMICA

---

# FOTOS





**Foto N° 01.** Vista del afloramiento de la Formación Huaylillas en la cascada de la Quebrada Caramolle. Se aprecian 3 niveles ignimbríticos con un pequeño nivel sedimentario al tope de la primera secuencia.



**Foto N° 02.** Depósitos de cenizas volcánicas de tonalidad rosada, ubicados en la parte alta del distrito Ciudad Nueva.





**Foto N° 03.** Secuencia típica de los depósitos encontrados en el Cono Norte. En la base se aprecian cenizas volcánicas rosadas, seguidas por arenas y limos marrones de origen aluvial. La secuencia está cubierta por depósitos antropogénico de basura y desmonte. Urbanización 28 de Agosto, distrito de Ciudad Nueva

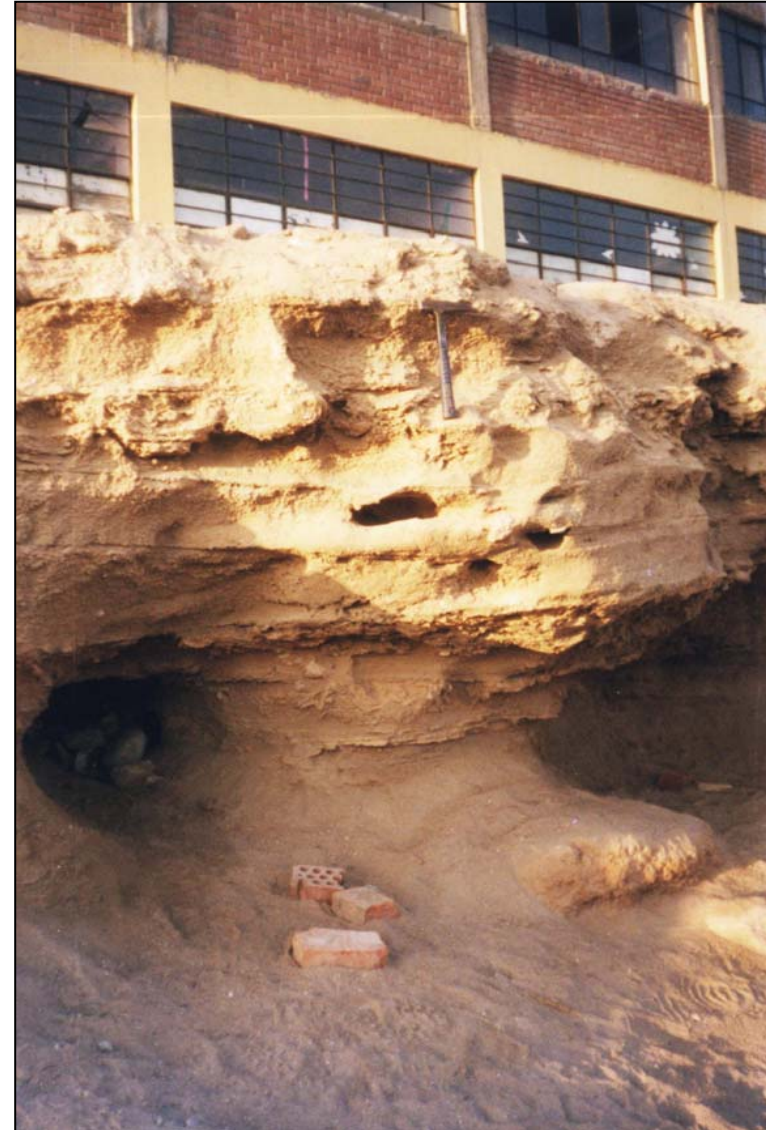


**Foto N° 04.** Sucesión de avenidas de flujos de lodo conformada por arenas de grano medio y conglomerados aluvionales ubicados en la Quebrada Caramolle.





**Foto 05.** Corte al lado izquierdo de la Av. Circunvalación Nor – Este (Parque Industrial), donde se aprecian depósitos aluviales con espesores que alcanzan los 2m.. Están formados por arenas limosas con clastos dispersos de hasta 5 cm. de diámetro.

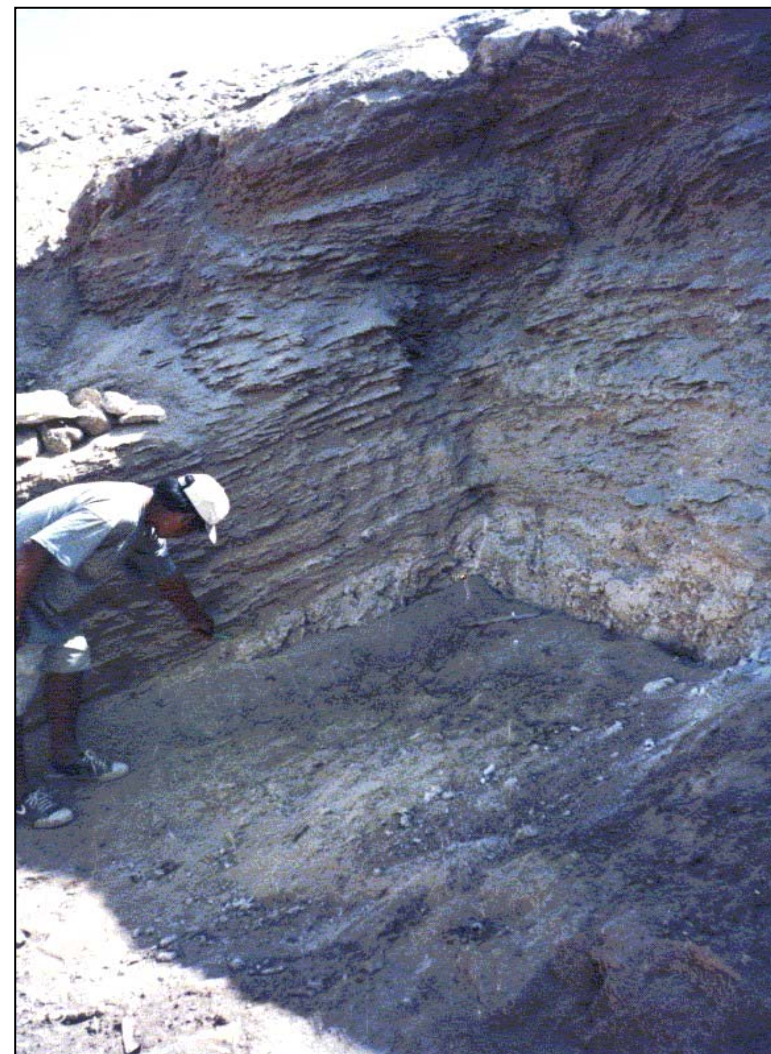


**Foto No 06.** Horizontes de “caliche” en forma de capas irregulares que afloran en el Colegio Auza Arce (distrito de Ciudad Nueva). Nótese las oquedades que se forman por la disolución de las sales y sulfatos.





**Foto N° 07.** Afloramiento de una llanura de inundación (Q<sub>fl\_c</sub>) del Río Caplina, formada por limos y arcillas y utilizada como terrenos de cultivo. Su espesor puede pasar el metro. Av. Cusco (Urb. Villa Hermoza), distrito de Tacna.



**Foto N° 08.** Capas inclinadas de depósitos deluviales ubicados en las laderas del Cerro Intiorko. Nótese que son capas de arenas con fragmentos de ignimbritas, con tonalidad rosada. Asoc. de Vivienda Ciudad Alta (distrito de Ciudad Nueva).



**Foto N° 09.** Vista panorámica de la parte alta del distrito Ciudad Nueva. Se puede apreciar que la asociación de criadores de cerdos AAPITAC se ha ubicado en medio de la Quebrada Caramolle, poniendo en riesgo el parque porcino frente una amenaza de flujos de lodo (Huayco).





**Foto N° 10.** Erosión del talud en el cerro Arunta producida por la circulación de caudales importantes como el de la avenida del año 2001.



**Foto N° 11.** Quebrada Arunta, zona aguas arriba del codo Asociación El Morro. El desprendimiento de material podría represar el cauce originando desbordamiento. Distrito Gregorio Albarracín.



**Foto N° 12.** Asociación La Florida se encuentra en el cauce terminal, cono de deyección de la Quebrada del Diablo. Próxima a esta área se encuentra el Terminal Internacional de Pasajeros y el Mercado Mayorista Grau. Zona identificada como de peligro muy alto tanto climático como múltiple.



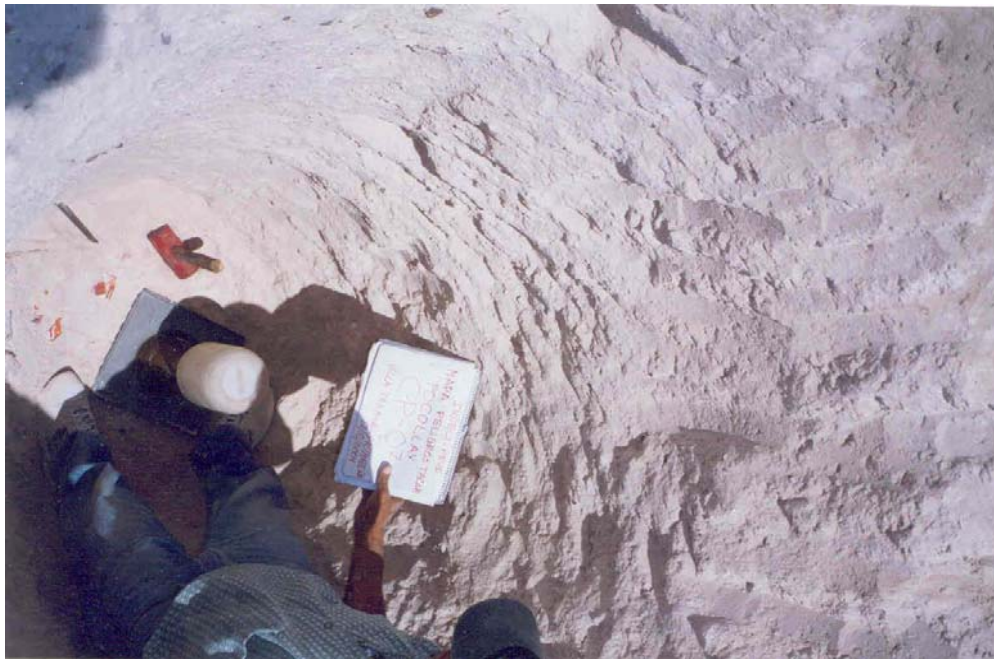


**Fotos N° 13.** Compósito de la derivación Calana.

En primer plano a la izquierda derivación Calana aguas arriba del puente vial, mostrando puente de acueducto Uchusuma – planta de tratamiento de agua potable de Calana.

En la foto inferior derecha se observa el puente de la carretera Calana-Pachía, mostrando reducción de la sección y la altura. En la superior derecha se aprecia la erosión causada por las avenidas, inmediatamente aguas abajo del puente.





**Foto N° 14.** Calicata CP-07 y ensayo de densidad in situ, realizada en la Asoc. de Viv. Takana-Primavera del Distrito de Pocolay.



**Foto N° 15.** Avenida Bolognesi por donde discurre tapado el canal Caplina. A lo largo de este canal existen numerosos laterales enterrados clausurados que producen fugas subterráneas. Vista mirando aguas arriba.



**Foto N° 16.** Ensayo de SPT en la plaza de armas de Pocollay



**Foto N° 17.** Ensayo de SPT realizado en el distrito de Ciudad Nueva.

---

# FICHAS TÉCNICAS

- *PI-01: EVALUACIÓN, REFORZAMIENTO Y PROTECCION DE VIVIENDAS*
- *PI-02: REDISEÑO ENCAUZAMIENTO RIO CAPLINA, ALTURA PUENTE CALANA-CERRO BLANCO*
- *PI-03: ESTUDIO DE INFILTRACIONES DE REDES DE AGUA Y DESAGUE EN LA ZONA MONUMENTAL DE TACNA*
- *PI-04: ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL CODO CERRO ARUNTA*
- *PI-05: REFORZAMIENTO DEFENSA CODO CERRO ARUNTA*
- *PI-06: REDISEÑO Y/O REFORZAMIENTO DE LA BOCATOMA CALIENTES-CALANA*
- *PI-07: REUBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CALANA*
- *PI-08: ASFALTADO DE VIAS, CONSTRUCCION DE VEREDAS Y ARBORIZACIÓN*
- *PI-09: PROTECCIÓN Y ENCAUZAMIENTO DE LA QUEBRADA CARAMOLLE*
- *PI-10: PROTECCIÓN Y ENCAUZAMIENTO DE LA QUEBRADA DEL DIABLO*





**PROYECTO PI-01:  
 EVALUACION, REFORZAMIENTO Y PROTECCION DE  
 VIVIENDAS**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Alto de la Alianza, Ciudad Nueva y Tacna	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal evaluar el estado de las edificaciones dañadas y con mayores peligros ante eventos sísmicos, establecer los canales para la rehabilitación, reconstrucción, ó construcción con seguridad, considerando la mejor forma de obtener la mayor seguridad física de sus usuarios.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO, MEDIANOy LARGO PLAZO	PRIMERA



**DESCRIPCION:**

Desde la ocurrencia del sismo, las edificaciones que fueron afectadas, en una gran mayoría permanecen en el mismo estado de deterioro, el proyecto pretende, generar una rehabilitación general a través de: Primero, una evaluación general al detalle para establecer el monto de los daños, sus soluciones y el presupuesto necesarios para un programa de reconstrucción y reforzamiento de las edificaciones. Segundo: Gestionar el Financiamiento bajo las formas mas adecuadas y Tercero ejecutar las obras con la debida supervisión entendiend las condiciones de pobreza que vive la Región y el gran significado y repercusión que se genera a través de una ciudad ordenada y segura.



<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Tacna, Alto de la Alianza y Ciudad Nueva	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidades Distritales de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva.	Dinamizador
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
SENCICO, ONGs, Tesoro Público y Cooperación	..



**PROYECTO PI-02:  
 REDISEÑO ENCAUZAMIENTO RIO CAPLINA, ALTURA  
 PUENTE CALANA-CERRO BLANCO**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Calana	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar el rediseño estructural del encauzamiento del río Caplina; a la altura del Puente Calana, en el sector Cerro Blanco.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



El rediseño de la estructura de encauzamiento es de vital importancia para la población de Calana y Pocollay.

**DESCRIPCION:**

La Variabilidad de nuestro clima, así como los efectos del fenómeno del niño en esta parte del continente, provocan épocas de sequía en la sierra de Tacna e inundaciones en la costa de Tacna. En el presente estudio se está calculando caudales máximos con diferentes periodos de retorno, lo cual indica que dicho encauzamiento del río Caplina resulta insuficiente para contrarrestar el poder erosivo, destructivo del mismo. Para asegurar la seguridad física de la población es necesario realizar el rediseño de este encauzamiento tomando parámetros reales de máximas avenidas producidas por lluvias en la parte alta como las generadas en la pequeña cuenca de la propia ciudad.

**MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:**

\* US\$ 1'250,000.00  
 (Un Millón Doscientos Cincuenta Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Tacna, Pocollay y Calana	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidades Distritales de Pocollay y Calana.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto



**PROYECTO PI-03:  
 ESTUDIO DE INFILTRACIONES DE REDES DE AGUA Y  
 DESAGUE EN LA ZONA MONUMENTAL DE TACNA**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Tacna	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo realizar el estudio de detalle de la principales zonas de fuga de agua y desague en el casco urbano de la ciudad de Tacna.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



La Avenida San Martín y Calle Ayacucho en el Mercado de Tacna, zona con evidentes problemas de infiltración de agua producto de las fugas en las redes de Agua y Desague

**DESCRIPCION:**

La presencia de arenas y limo-arcillosas de baja resistencia mecánica y propensas al colapso en el mercado de Tacna, hacen preocupar puesto que esta colapsabilidad se ve incrementadamente por los efectos del agua. La intersección de la avenida Ayacucho y San Martín es uno de nuestros principales exponentes. El seguimiento de estas zonas mediante métodos geofísicos indirectos de superficie, tal es el caso del georadar ayudaría a consolidar mapas de superficie versus contenido de humedad, haciendo ya el zoneamiento de zonas de susceptibilidad al colapso, sobre las cuales no podrían asentarse edificios de gran envergadura, a menos que se solucione este problema de infiltración o de fuga de agua y desague.

**MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:**

\* US\$ 125,000.00  
 (Cien Veinticinco Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distrito de Tacna.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto



**PROYECTO PI-04:  
 ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL CODO CERRO  
 ARUNTA**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Tacna y Gregorio Albarracín.	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar la estabilización del talud de la margen izquierda de la quebrada Arunta. Puesto que está esta propensa a un posible deslizamiento, pudiendo obstaculizar el paso del agua en esta zona.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



**DESCRIPCION:**

La variabilidad de las avenidas en los ríos de la costa peruana en especial de Tacna, hace posible el exceso de las mismas por zonas de materiales no aptas para resistir estas avenidas. En el año 2001, ingreso la quebrada Arunta trasportando un caudal relativamente importante, el cual erosiono el talud del Cerro Arunta, si bien es cierto este talud por las dimensiones del posible movimiento de masa no dañe a población alguna, el desprendimiento de un poco de material in consolidado podría obstaculizar, formando una pequeña represa natural en el esta quebrada, asimismo el agua podría almacenarse y tomar nuevos rumbos, dañando ahora si a poblaciones como Asoc. El Morro y zonas aledañas en el distrito de Gregorio Albarracín.

**MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:**

\* US\$ 175,000.00  
 (Ciento Setenta y Cinco Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Tacna y Gregorio Albarracín.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidad de Gregorio Albarracín.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto



**PROYECTO PI-05:  
 REFORZAMIENTO DEFENSA CODO CERRO ARUNTA**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Tacna y Gregorio Albarracín.	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar el reforzamiento de la actual defensa construida por instituciones con el fin de prevenir los efectos de una posible avenida en la quebrada Arunta.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



La estabilización del talud del codo del cerro Arunta es de vital importancia para la población de Cono Sur y ASoc. El Morro.

<b>DESCRIPCION:</b>
La variabilidad de las avenidas en los ríos de la costa peruana en especial de Tacna, hace posible el exceso de las mismas por zonas de materiales no aptas para resistir estas avenidas. En el año 2001, ingreso la quebrada Arunta transportando un caudal relativamente importante. Existen asociaciones de vivienda tal como la Asoc. De Vivienda el Morro, Así como infraestructura básica como la estación de bombeo EB-2, parte del sistema de abastecimiento de agua potable para el distrito que se encuentra aguas abajo de esta defensa, si por motivos de fuerza mayor cediera esta estructura de defensa actual podría poner en serio riesgo tanto vidas humanas así como también infraestructura básica de agua potable, pudiendo dejar sin líquido elemento a toda la población de Gregorio Albarracín.

<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:</b>
* US\$ 620,000.00 (Seiscientos Veinte Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Tacna y Gregorio Albarracín.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto





**PROYECTO PI-06:  
 REDISEÑO Y/O REFORZAMIENTO DE LA BOCATOMA  
 CALIENTES-CALANA**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Calana.	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar el reforzamiento de la actual Bocatoma Calientes.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



Poza de la Bocatoma Calientes en constante colapso

**DESCRIPCION:**

Los constantes huaycos y flujos de lodo y piedra hacen que la estructura de captación de agua potable de la ciudad de Tacna, este constantemente colapsando, tanto así que todos los años se programan fondos para realizar la limpieza de esta bocatoma y asimismo resulta costosa. Es así que este año no es la excepción. Se propone se realice el rediseño y ampliación de esta bocatoma tomando lluvias de proyecto máximas además de considerar el transporte de sólidos y obras anexas que impidan la colmatación de esta bocatoma. El colapso de esta estructura puede dejar interrumpido el servicio de agua potable parcialmente y en zonas totalmente.

**MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:**

\* US\$ 1,300,000.00  
 (Un Millón Trescientos Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Tacna y todos sus distritos aledaños.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidades Distritales.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto



**PROYECTO PI-07:  
 REUBICACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
 AGUA POTABLE CALANA**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Calana	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar el reforzamiento de la actual defensa construida por instituciones con el fin de prevenir los efectos de una posible avenida en la quebrada Arunta.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



Primera Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana

<b>DESCRIPCION:</b>
Esta es la primera Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Tacna, Abastece a los distritos de Alto de la Alianza, Ciudad Nueva, Pocollay y Tacna. Esta planta se encuentra aguas abajo del actual hospital ESSALUD de Tacna, principal fuente infeccioso en caso de que ocurra un desastre por las mismas enfermedades que en ella se combaten. Asimismo la planta de Tratamiento ya tiene años de servicio importante pudiendo o debiendose implementar el traslado de esta hacia cota más alta para prevenir cualquier tipo de contagio de epidemias en caso de ocurrir un siniestro en la ciudad de Tacna o localmente en el mismo hospital del Sur.

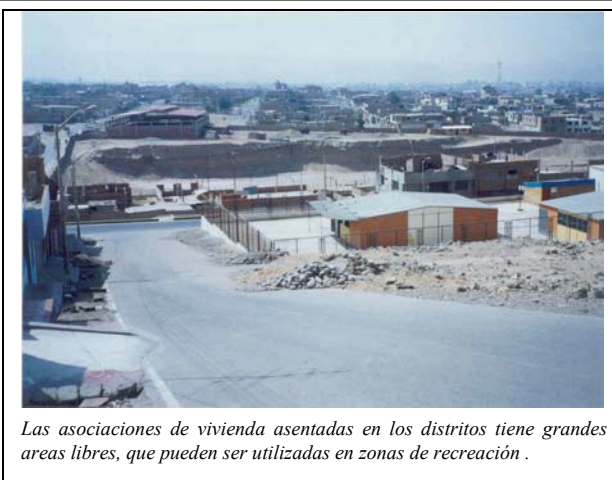
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:</b>
* US\$ 4'700,000.00 (Cuatro Millones Setecientos Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Tacna y Todos sus Distritos Aledaños.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidades Distritales.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto



**PROYECTO PI-08:  
 ASFALTADO DE VIAS, CONSTRUCCION DE VEREDAS Y  
 ARBORIZACION**

<b>UBICACION:</b>	
Distritos de Ciudad Nueva, Alto de Alianza, Pocollay y Gregorio Albarracin.	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal reducir las particulas totales en suspension producto de los vientos que ocurren en la ciudad y que las personas tienen que absorber, producto de las grandes áreas libres en especial en los distritos de Alto de la Alianza, Ciudad Nueva, Pocollay y Gregorio Albarracin.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
MEDIANO Y LARGO PLAZO	PRIMERA



<b>DESCRIPCION:</b>
La gran cantidad de partículas totales sueltas en el medio ambiente hace que se tomen medidas de prevención, pudiendo ser una de ellas la pavimentación de las calles, la construcción de veredas y la respectiva arborización de las áreas libres. Todo esto debidamente acorde con el plan Director de cada una de las municipalidades, así como el plan director provincial manejado por la Gerencia Regional de Infraestructura así como la Gerencia de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Tacna.

<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:</b>
* US\$ Sin Determinar (No determinado.... Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Alto de la Alianza, Ciudad Nueva, Gregorio Albarracin y Pocollay.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidades Distritales de Alto Alianza, Ciudad Nueva y Pocollay.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto





**PROYECTO PI-09:  
 PROTECCIÓN Y ENCAUZAMIENTO DE LA QUEBRADA  
 CARAMOLLE**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Ciudad Nueva y Pocollay.	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar el reforzamiento de la actual defensa construida por instituciones con el fin de prevenir los efectos de una posible avenida en la quebrada Caramolle.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



Las asociaciones vivienda asentadas en pleno cauce del río Caramolle, están en peligro por huayco o avenida.

<b>DESCRIPCION:</b>
La variabilidad de las avenidas en los ríos de la costa peruana en especial de Tacna, hace posible el exceso de las mismas por zonas de materiales no aptas para resistir estas avenidas. Se tiene registros que esta quebrada hizo su ingreso en el año 1927, obviamente en esa fecha no se encontraba asentada la actuales asociaciones de vivienda que piden a los municipios de su jurisdicción licencia para construir en pleno cauce de la quebrada Caramolle, debiéndose de proteger y encauzar esa quebrada antes de brindar las licencias de construcción adecuadas.

<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:</b>
* US\$ 1'500,000.00 (Un Millón Quinientos Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Tacna y Gregorio Albarracín.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidad de Ciudad Nueva	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto



**PROYECTO PI-10:  
 PROTECCIÓN Y ENCAUZAMIENTO DE LA QUEBRADA  
 DEL DIABLO**

<b>UBICACIÓN:</b>	
Distrito de Alto de Alianza y Tacna	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Tiene como objetivo principal realizar la protección y el encauzamiento de la quebrada del Diablo, para prevenir daños en la ASoc. La Florida ante un posible evento o avenida extrema en dicha quebrada.	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
CORTO PLAZO	PRIMERA



La protección y encauzamiento de la quebrada del Diablo es de vital importancia para la población de Asoc. La Florida.

<b>DESCRIPCION:</b>
La variabilidad de las avenidas en los rios de la costa peruana en especial de Tacna, hace posible el exceso de las mismas por zonas de materiales no aptas para resistir estas avenidas. Se tiene registros que esta quebrada hizo su ingreso en el año 1927, obviamente en esa fecha no se encontraba asentada la actual ASoc. De Vivienda denominada Asoc. La Florida que hizo habilitaciones urbanas en pleno cauce Terminal de la quebrada Del Diablo. El peligro es eminente puesto al estar asentada esta asociación de vivienda sobre materiales de relleno y con un peligro climático importante.

<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:</b>
* US\$ 1'500,000.00 (Un Millón Quinientos Mil y 00/100 Dólares Americanos)

<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Distritos de Tacna y Alto de la Alianza.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Tacna, Gobierno Regional de Tacna, Municipalidad Distrital de Alto de la Alianza.	Preventivo y Seguridad Física
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PLAN</b>
Tesoro Público, Cooperación Internacional, Canon Minero, Regalías Mineras.	Positivo Alto

---

# ILUSTRACIONES

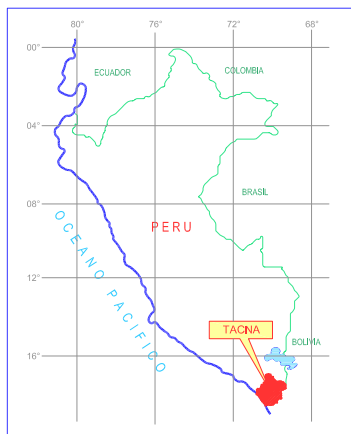
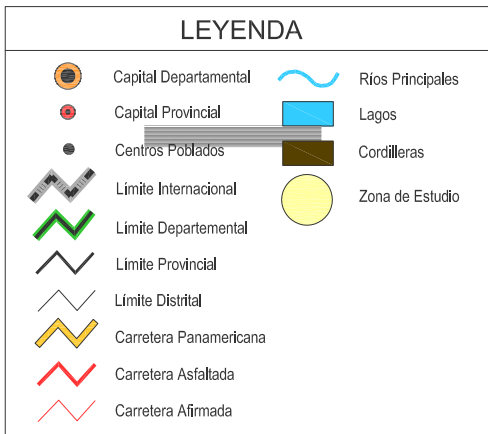
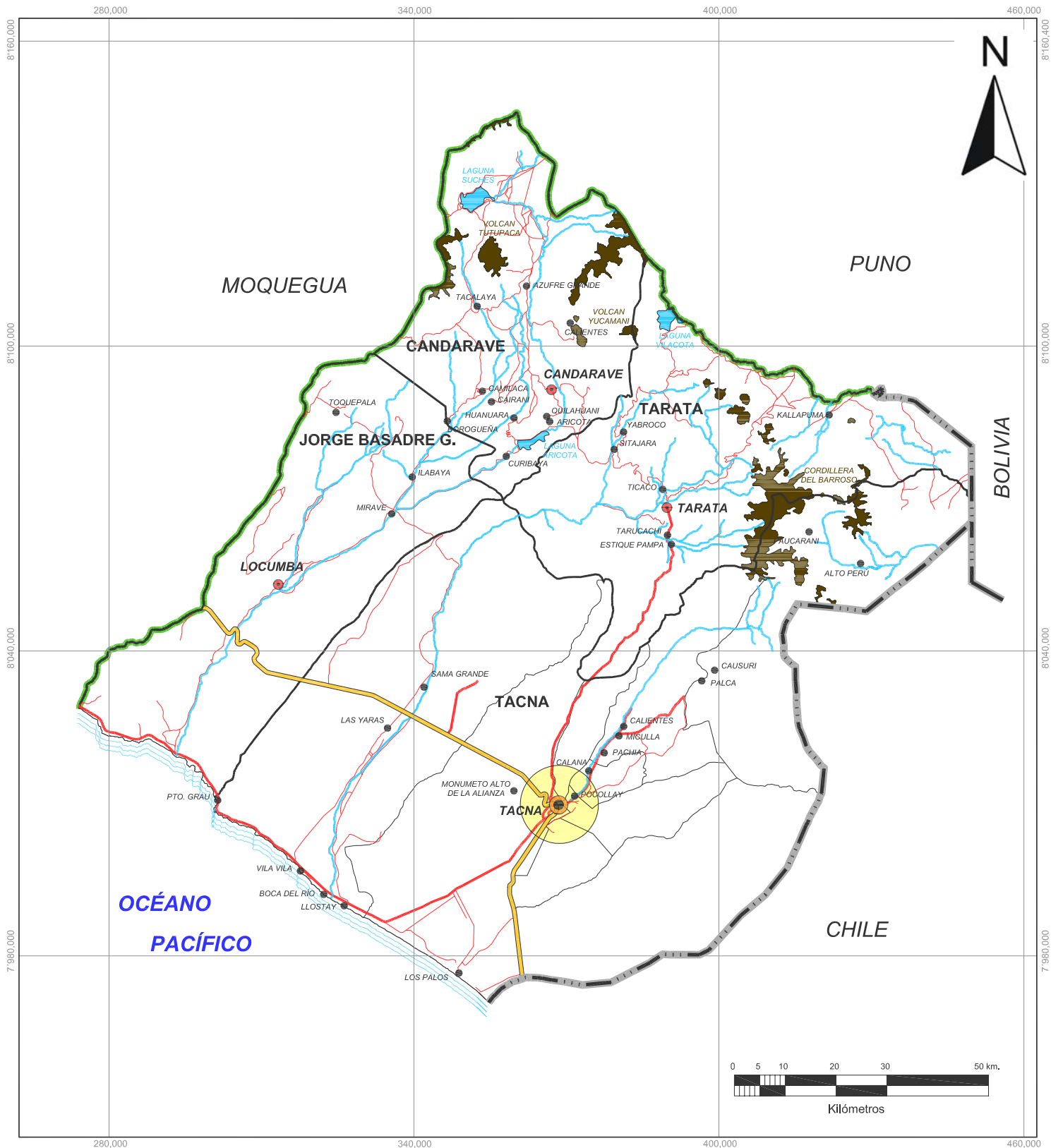
- 1.- MAPA DE UBICACIÓN GENERAL
- 2.- MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
- 3.- MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS
- 4.- PLANO GEOLÓGICO
- 5.- PLANO GEOMORFOLÓGICO
- 6.- UBICACIÓN DE CALICATAS Y SPT
- 7.- ZONIFICACIÓN SUPERFICIAL DE SUELOS
- 8.- ZONIFICACIÓN DE SUELOS A 2,0 M. DE PROFUNDIDAD
- 9.- MICROTREPIDACIONES
- 10.- AMPLIFICACIÓN SÍSMICA LOCAL
- 11.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELOS
- 12.- MAPA DE CUENCAS Y SUBCUENCAS
- 13.- UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS
- 14.- MAPA HIDROLOGICO
- 15.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-GEOTECNICOS
- 16.- ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMÁTICOS
- 17.- IDENTIFICACION DE AREAS CON PELIGRO DE ORIGEN ANTROPICO
- 18.- ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES



## TACNA CABECERA DEL DESIERTO DE ATACAMA



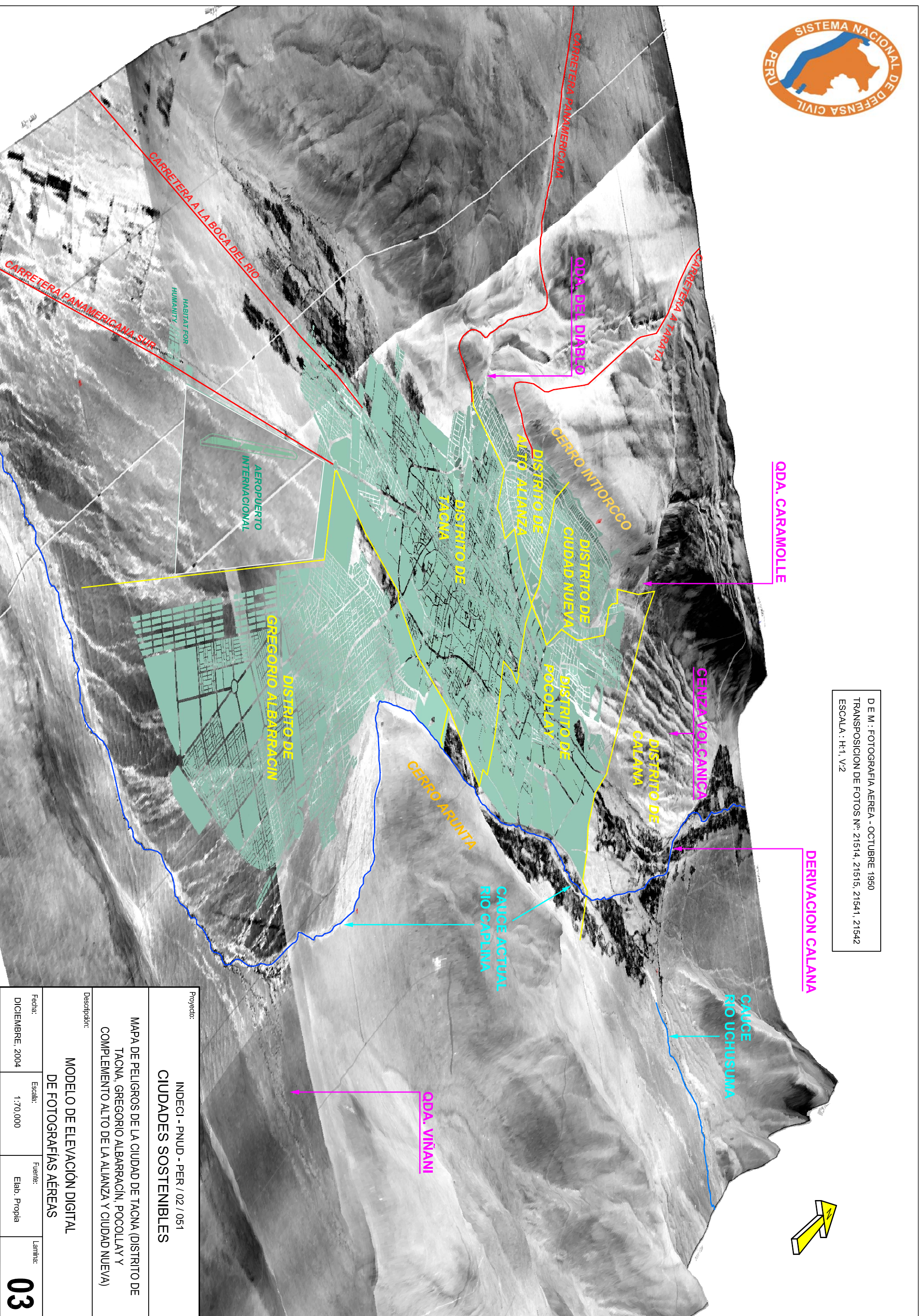
Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
MAPA DE UBICACIÓN GENERAL			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	GRÁFICA	ELAB. PROPIA	<b>01</b>



Proyecto:			
<b>INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES</b>			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
<b>MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:1'050,000	ELAB. PROPIA	<b>02</b>

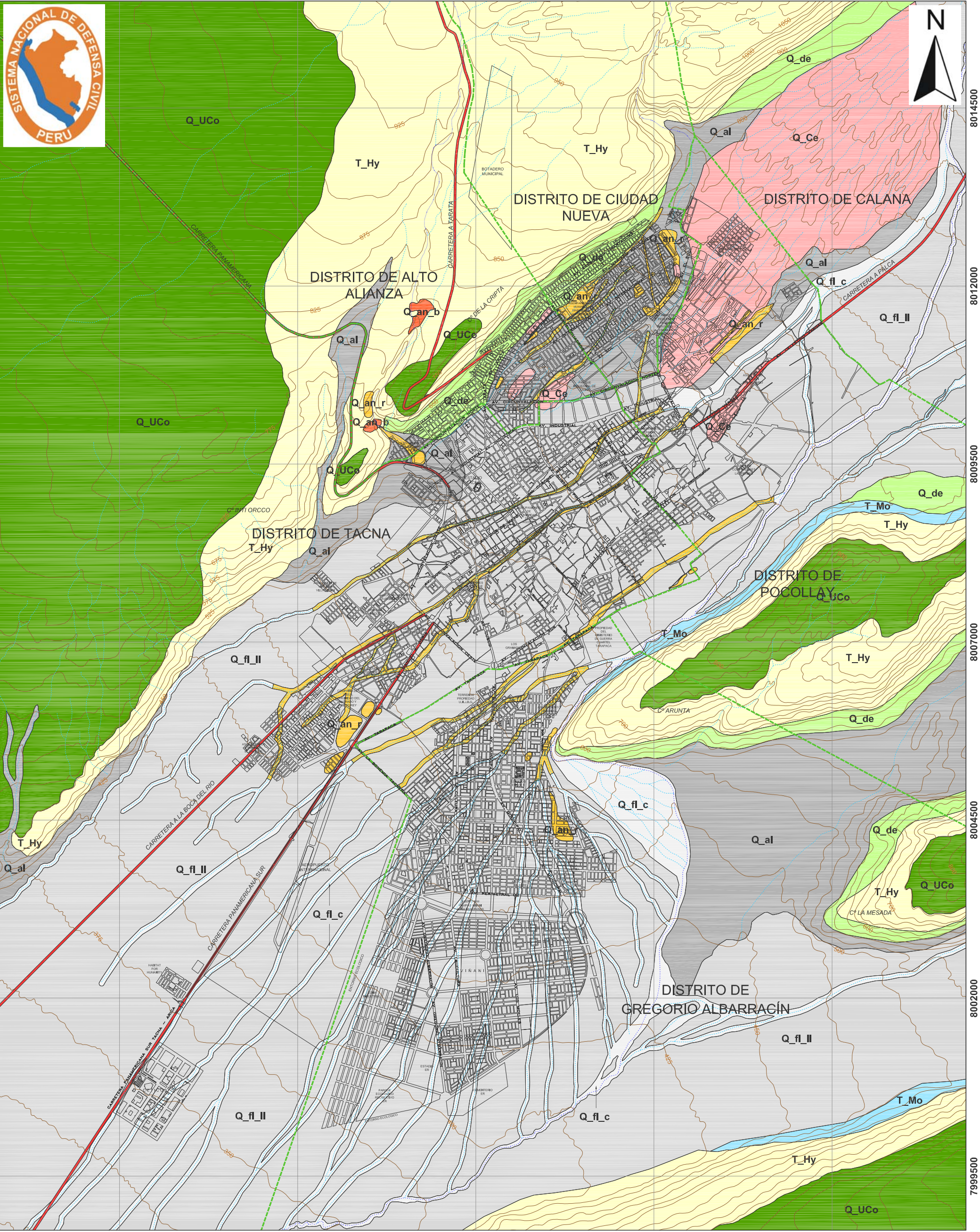


D E M : FOTOGRAFIA AEREA - OCTUBRE 1950  
 TRANSPOSICION DE FOTOS N°: 21514, 21515, 21541, 21542  
 ESCALA : H:1, V:2



Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 <b>Ciudades Sostenibles</b>			
Descripción: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARACIN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Modelo de Elevación Digital DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE: 2004	1:70,000	Elab. Propia	<b>03</b>





**LEYENDA**

- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

**SIMBOLOGÍA**

Q_an_r	Q_al
Q_anc	Q_ce
Q_de	Q_UCo
Q_fl_c	T_Hy
Q_fl_II	T_Mo

**UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

CUATERNARIO	HOLOCENO	Q_an_r
		Q_anc
		Q_de
		Q_fl_c
		Q_fl_II
		Q_al
		Q_Ce
		Q_UCo
		T_Hy
		T_Mo
TERCIARIO	OLIGOCENO	

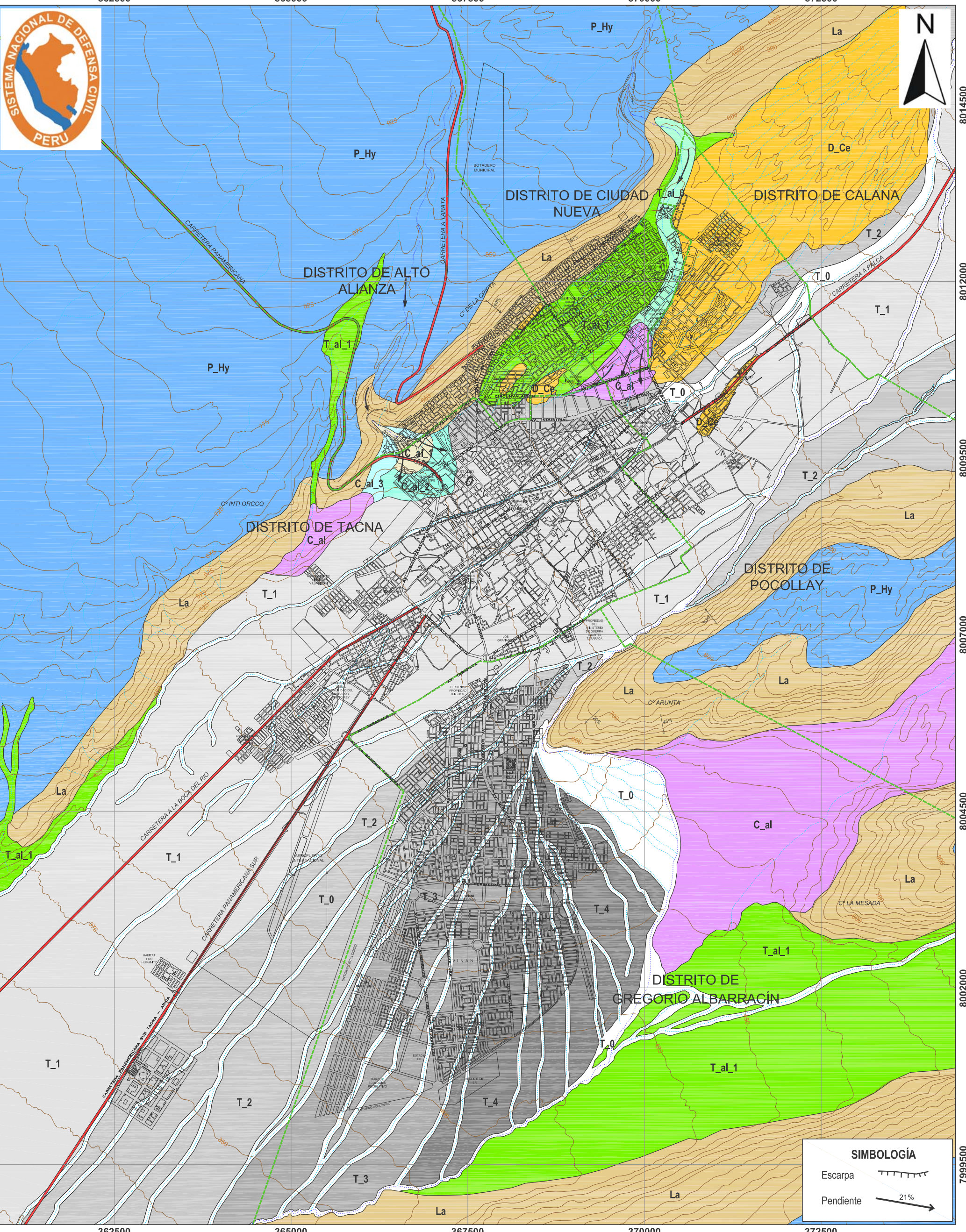
Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
CIUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

Descripción: **PLANO GEOLÓGICO**

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:50,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>04</b>
-----------------------	------------------	----------------------	-------------------





**LEYENDA**

	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

**GEOMORFOLOGÍA**

	T_0, Terraza fluvial reciente		T_al_0, Terraza aluvial reciente		C_al_3, Cono aluvial 3
	T_1, Terraza fluvial 1		T_al_1, Terraza aluvial		La, Laderas
	T_2, Terraza fluvial 2		C_al, Cono aluvial		P_Hy, Planicie Huayllillas
	T_3, Terraza fluvial 3		C_al_1, Cono aluvial 1		D_Ce, Depósitos de Cenizas
	T_4, Terraza fluvial 4		C_al_2, Cono aluvial 2		

Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

Descripción: **PLANO GEOMORFOLÓGICO**

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:50,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>05</b>
-----------------------	------------------	----------------------	-------------------

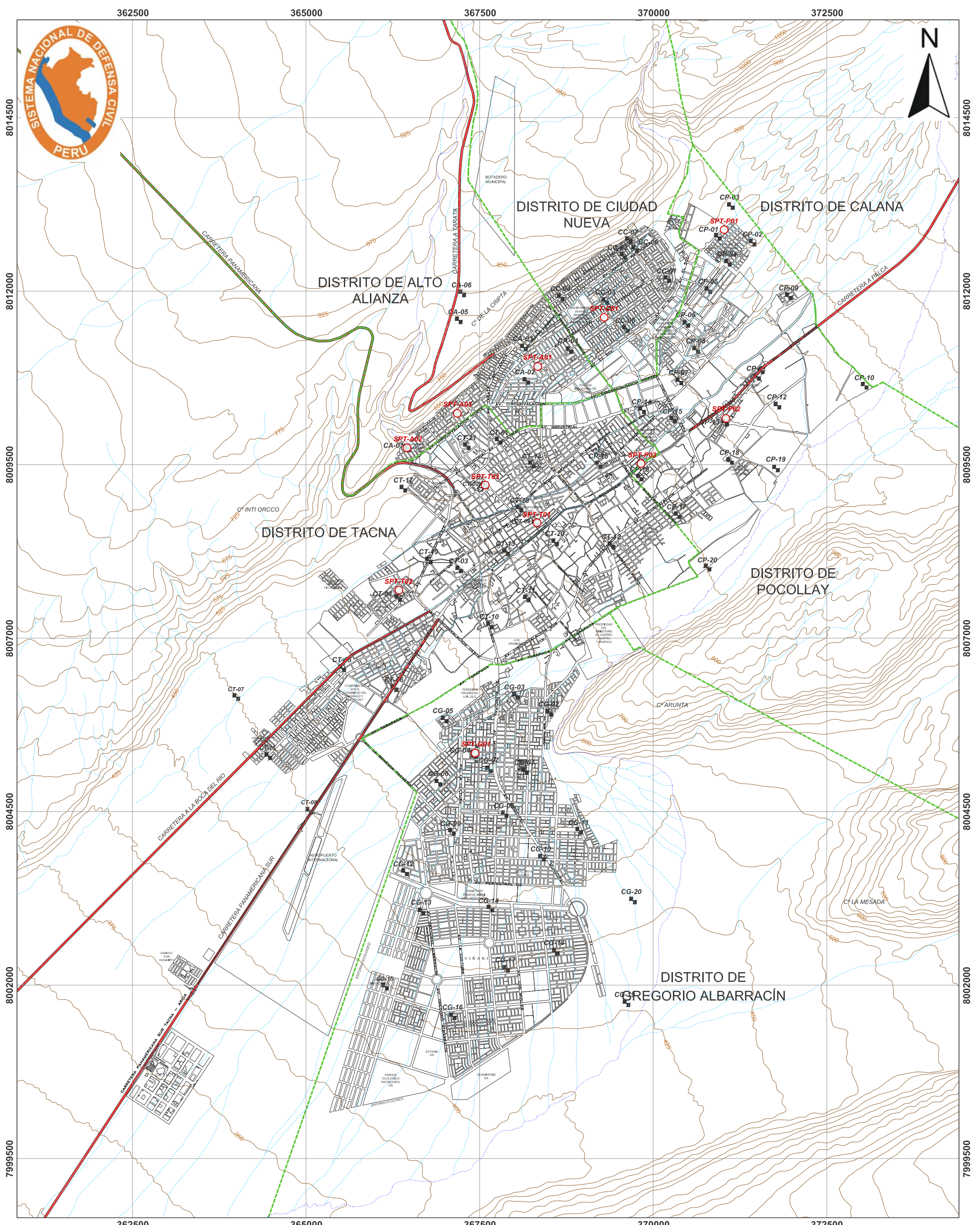
**SIMBOLOGÍA**

Escarpa

Pendiente 21%





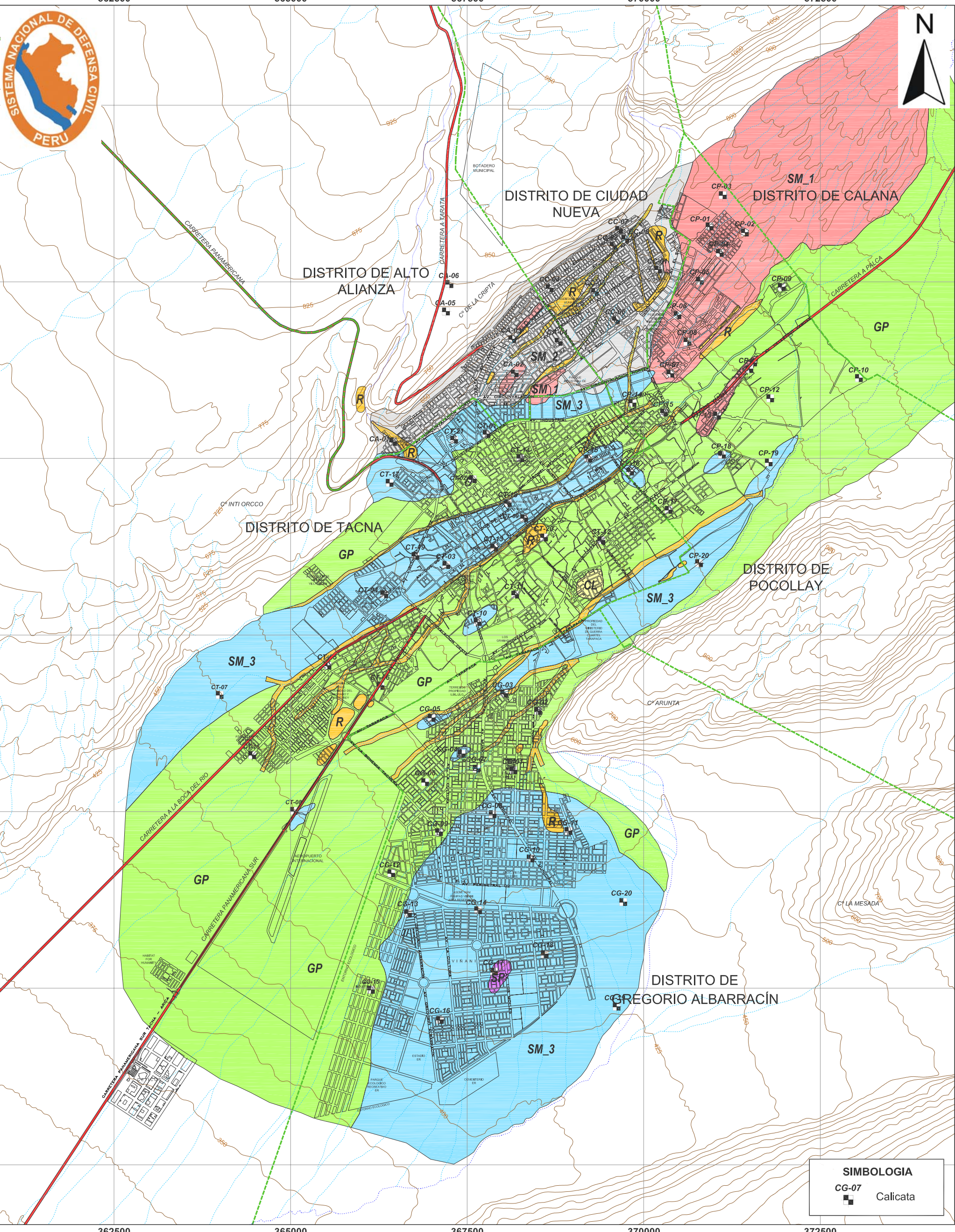


LEYENDA	
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

SIMBOLOGÍA	
	CG-07 Calicata
	SPT-T03 SPT

Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
UBICACIÓN DE CALICATAS Y SPT			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>06</b>





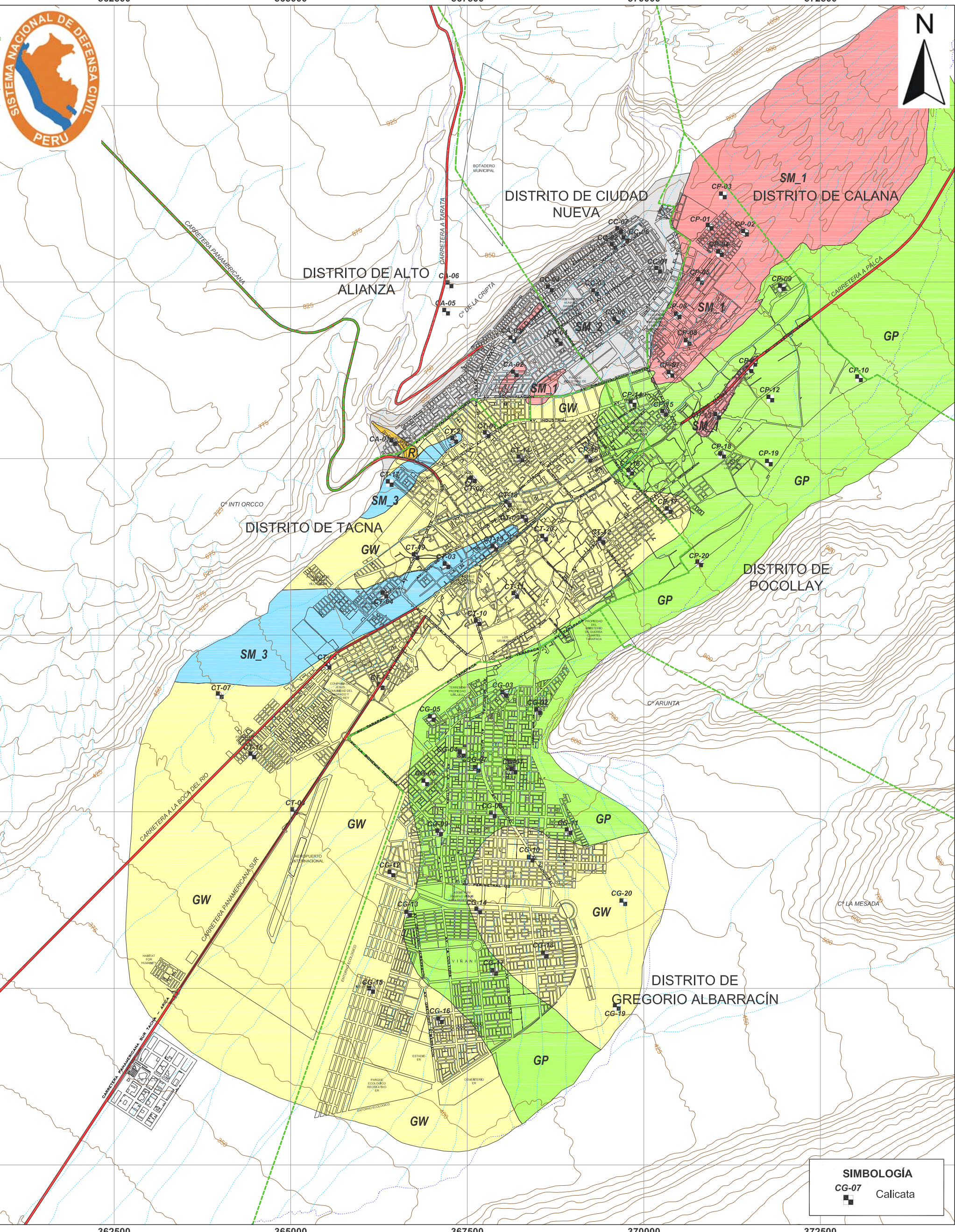
LEYENDA	
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

ZONIFICACIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES			
	GP, Gravas mal graduadas		SM_1, Arenas limosas
	SP, Arenas mal graduadas		SM_2, Arenas limosas
	CL, Arcillas de baja compresibilidad		SM_3, Arenas limosas
	R, Rellenos		

SIMBOLOGIA	
	CG-07 Calicata

Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
ZONIFICACIÓN SUPERFICIAL DE SUELOS			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>07</b>





**LEYENDA**

- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

**ZONIFICACIÓN DE SUELOS A 2.0 M. DE PROFUNDIDAD**

GP, Gravas mal graduadas	SM_1, Arenas limosas
GW, Gravas bien graduadas	SM_2, Arenas limosas
Rellenos	SM_3, Arenas limosas

**SIMBOLOGÍA**

CG-07 Calicata

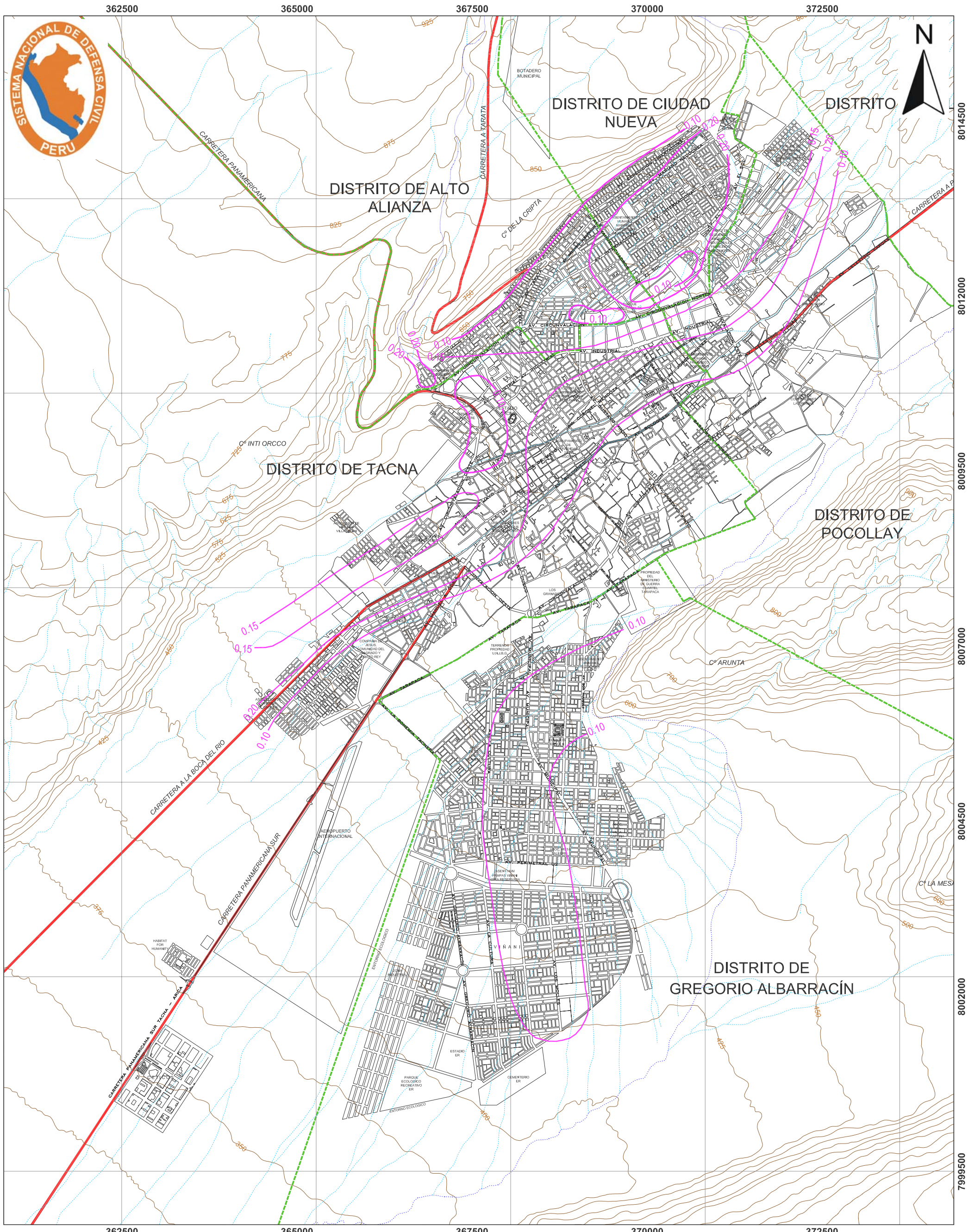
Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

Descripción: **ZONIFICACIÓN DE SUELOS A 2.0 M. DE PROFUNDIDAD**

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:50,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>08</b>
--------------------------	---------------------	-------------------------	----------------------





**LEYENDA**

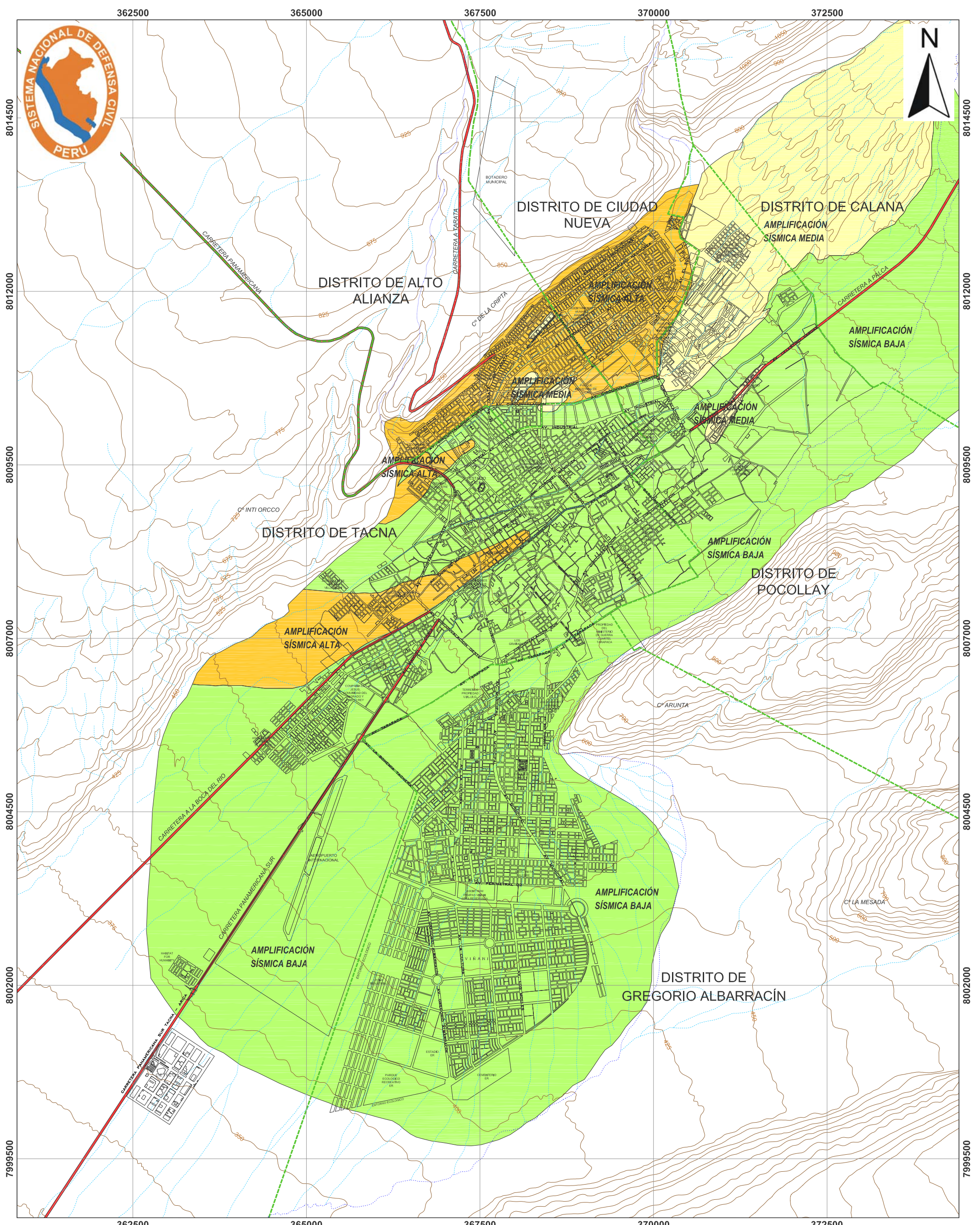
- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

**MICROTREPIDACIONES**

0.10 Isolíneas en Hz

Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
<b>MICROTREPIDACIONES</b>			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>09</b>





**LEYENDA**

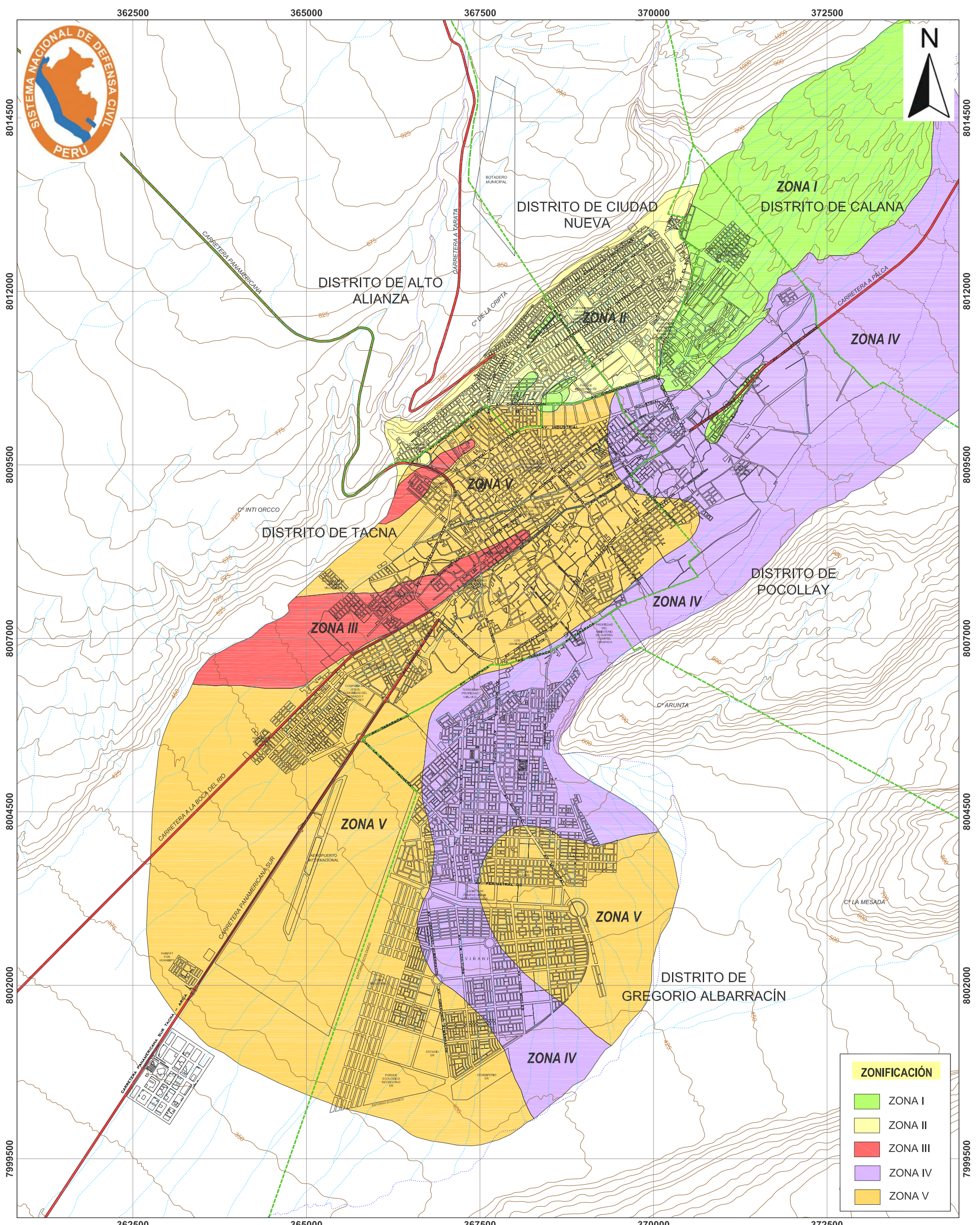
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

**AMPLIFICACIÓN SÍSMICA**

	AMPLIFICACIÓN SÍSMICA BAJA
	AMPLIFICACIÓN SÍSMICA MEDIA
	AMPLIFICACIÓN SÍSMICA ALTA

Proyecto:	INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES		
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:	AMPLIFICACIÓN SÍSMICA LOCAL		
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>10</b>





ZONIFICACIÓN	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen;"></span>	ZONA I
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow;"></span>	ZONA II
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red;"></span>	ZONA III
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:purple;"></span>	ZONA IV
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange;"></span>	ZONA V

LEYENDA	
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

ZONAS	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS												
	MICRO TREMOR (Hz)		DENSIDAD (g/cm3)		DENSIDAD RELATIVA (%)		PRESIÓN ADM. MEYERHOF (Kg/cm2)		PROF. MÍNIMA DE CIMENTO (m)	POTENCIAL DE COLAPSO I <sub>c</sub> (%)		ASENTAMIENTO EN SUELOS (cm)	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
ZONA I	0.14	0.15	1.34	1.39	70.00	100.00	2.54	2.90	1.0 m.	0.21	0.50	1.98	2.01
ZONA II	0.20	0.25	1.46	1.63	40.00	70.00	0.63	0.76	2.0 m.	0.78	0.80	2.38	5.21
ZONA III	0.23	0.25	1.67	1.69	54.00	55.00	0.58	0.64	2.0 m.	1.72	11.50	2.38	5.21
ZONA IV	0.09	0.10	2.07	2.16	67.00	79.00	3.41	4.50	1.0 m.	0.24	1.51	1.31	1.44
ZONA V	0.09	0.10	2.06	2.17	75.00	98.00	3.50	3.62	1.0 m.	0.48	0.50	1.02	1.13

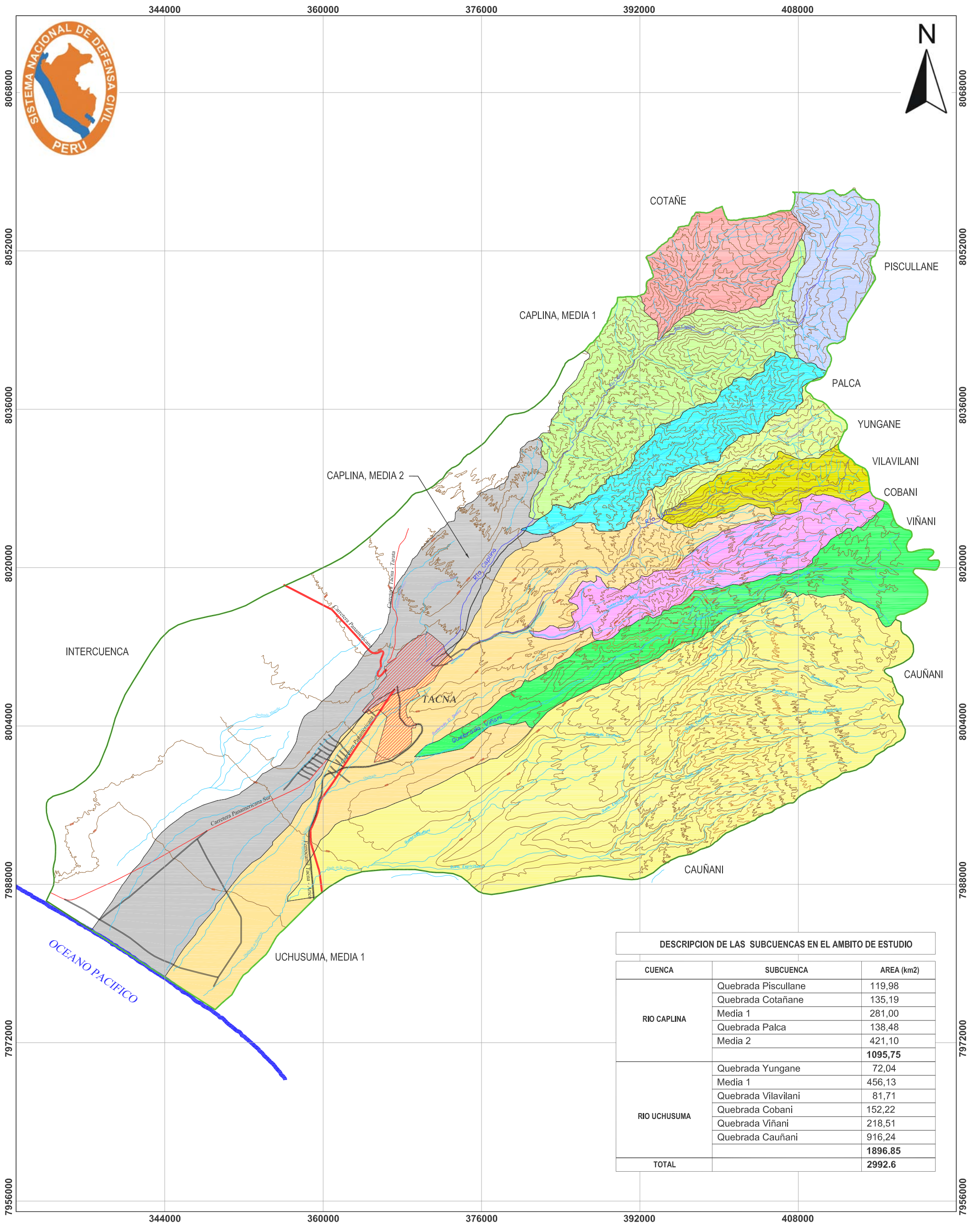
Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

Descripción: **ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELOS**

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:50,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>11</b>
-----------------------	------------------	----------------------	-------------------





DESCRIPCION DE LAS SUBCUENCAS EN EL AMBITO DE ESTUDIO

CUENCA	SUBCUENCA	AREA (km <sup>2</sup> )
RIO CAPLINA	Quebrada Piscullane	119,98
	Quebrada Cotañe	135,19
	Media 1	281,00
	Quebrada Palca	138,48
	Media 2	421,10
	<b>1095,75</b>	
RIO UCHUSUMA	Quebrada Yungane	72,04
	Media 1	456,13
	Quebrada Vilavilani	81,71
	Quebrada Cobani	152,22
	Quebrada Viñani	218,51
	Quebrada Cauñani	916,24
	<b>1896,85</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>2992,6</b>

**LEYENDA**

	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Carretera Panamericana
	Carretera Asfaltada
	Carretera Afirmada
	Rio
	Quebrada

**SUBCUENCAS**

	Río Caplina, Quebrada Picullane		Río Uchusuma, Quebrada Yungane
	Río Caplina, Quebrada Cotañe		Río Uchusuma, Media 1
	Río Caplina, Media 1		Río Uchusuma, Quebrada Vilavilani
	Río Caplina, Quebrada Palca		Río Uchusuma, Quebrada Cobani
	Río Caplina, Media 2		Río Uchusuma, Quebrada Viñani
	Intercuenca		Río Uchusuma, Quebrada Cauñani

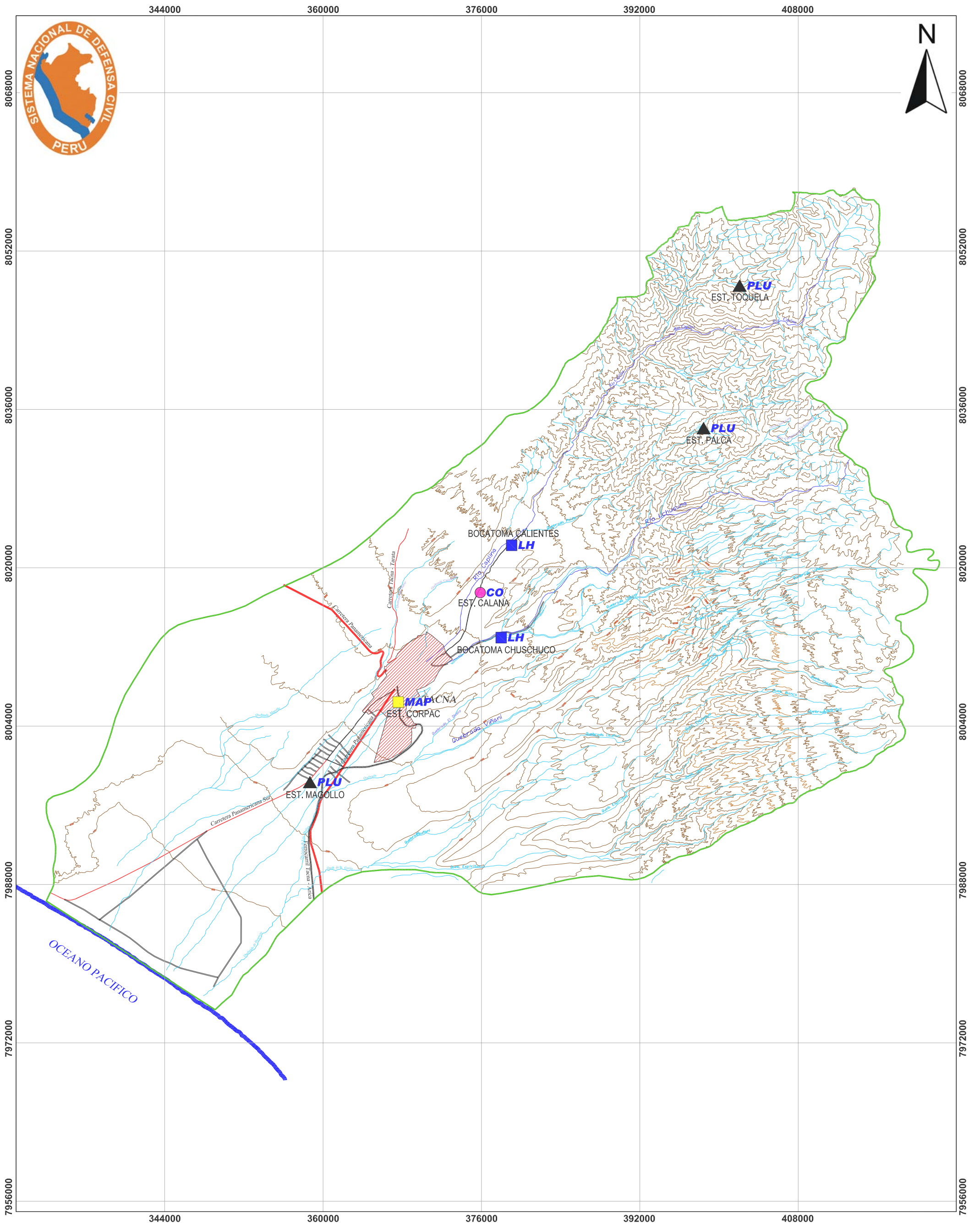
Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
CIUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)








Descripción: MAPA DE CUENCAS Y SUBCUENCAS

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:350,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>12</b>
--------------------------	----------------------	-------------------------	----------------------









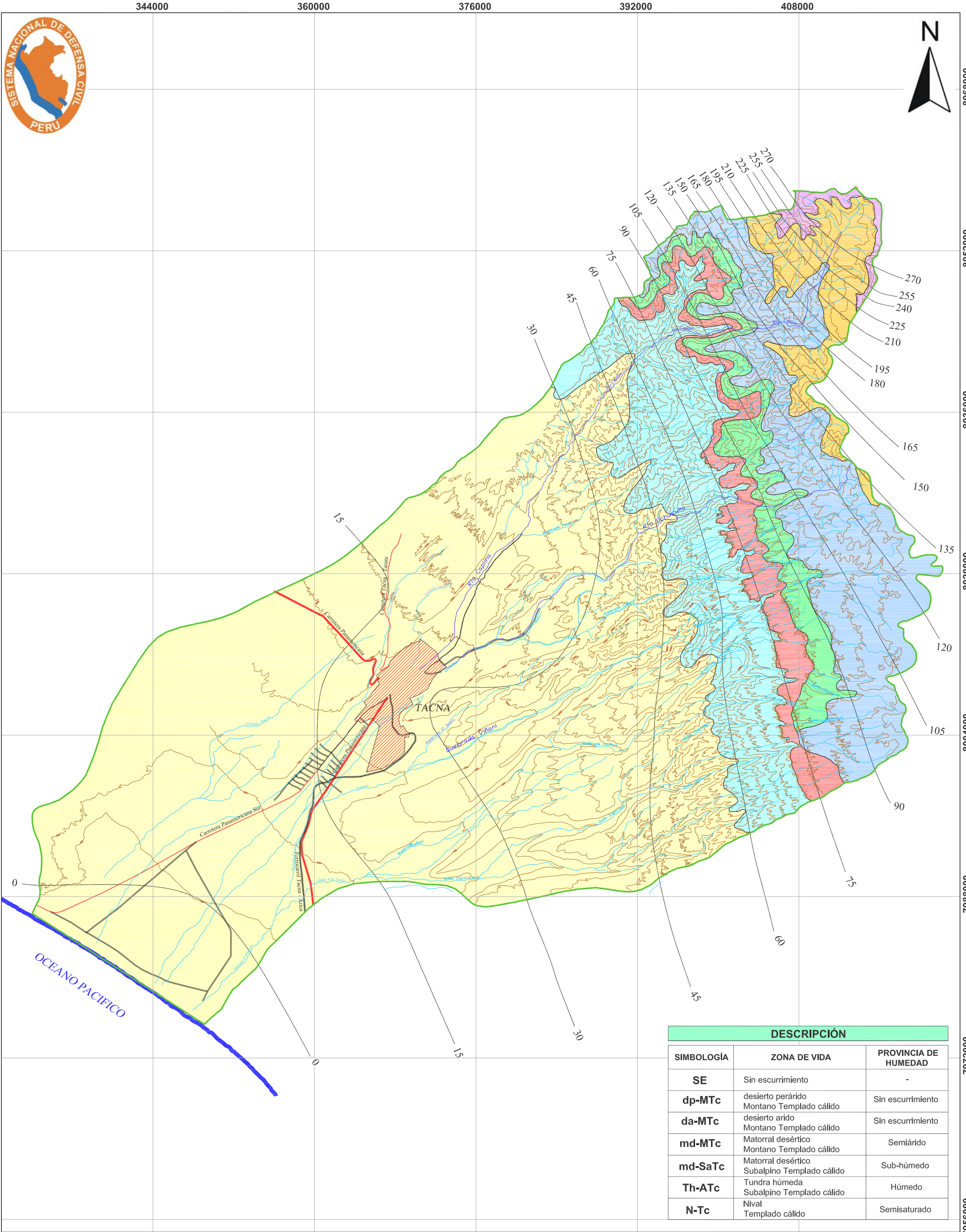
**LEYENDA**

-  Predios urbanos
-  Curvas de nivel
-  Carretera Panamericana
-  Carretera Asfaltada
-  Carretera Afirmada
-  Rio
-  Quebrada

**ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS**

-  **CO** Climática Ordinaria
-  **LH** Hidrológica Limnimétrica
-  **MAP** Meteorológica Agrícola Principal
-  **PLU** Pluviométrica

Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:350,000	ELAB. PROPIA	<b>13</b>



DESCRIPCIÓN		
SIMBOLOGÍA	ZONA DE VIDA	PROVINCIA DE HUMEDAD
SE	Sin escurrimiento	-
dp-MTc	desierto perárido Montano Templado cálido	Sin escurrimiento
da-MTc	desierto arido Montano Templado cálido	Sin escurrimiento
md-MTc	Matorral desértico Montano Templado cálido	Semiárido
md-SaTc	Matorral desértico Subalpino Templado cálido	Sub-húmedo
Th-ATc	Tundra húmeda Subalpino Templado cálido	Húmedo
N-Tc	Nival Templado cálido	Semisaturado

LEYENDA	
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Carretera Panamericana
	Carretera Asfaltada
	Carretera Afirmada
	Rio
	Quebrada

ZONAS DE VIDA	
	SE
	dp-MTc
	da-MTc
	md-MTc
	md-SaTc
	Th-ATc
	N-Tc

ISOYETAS	
	Isoyetas en mm

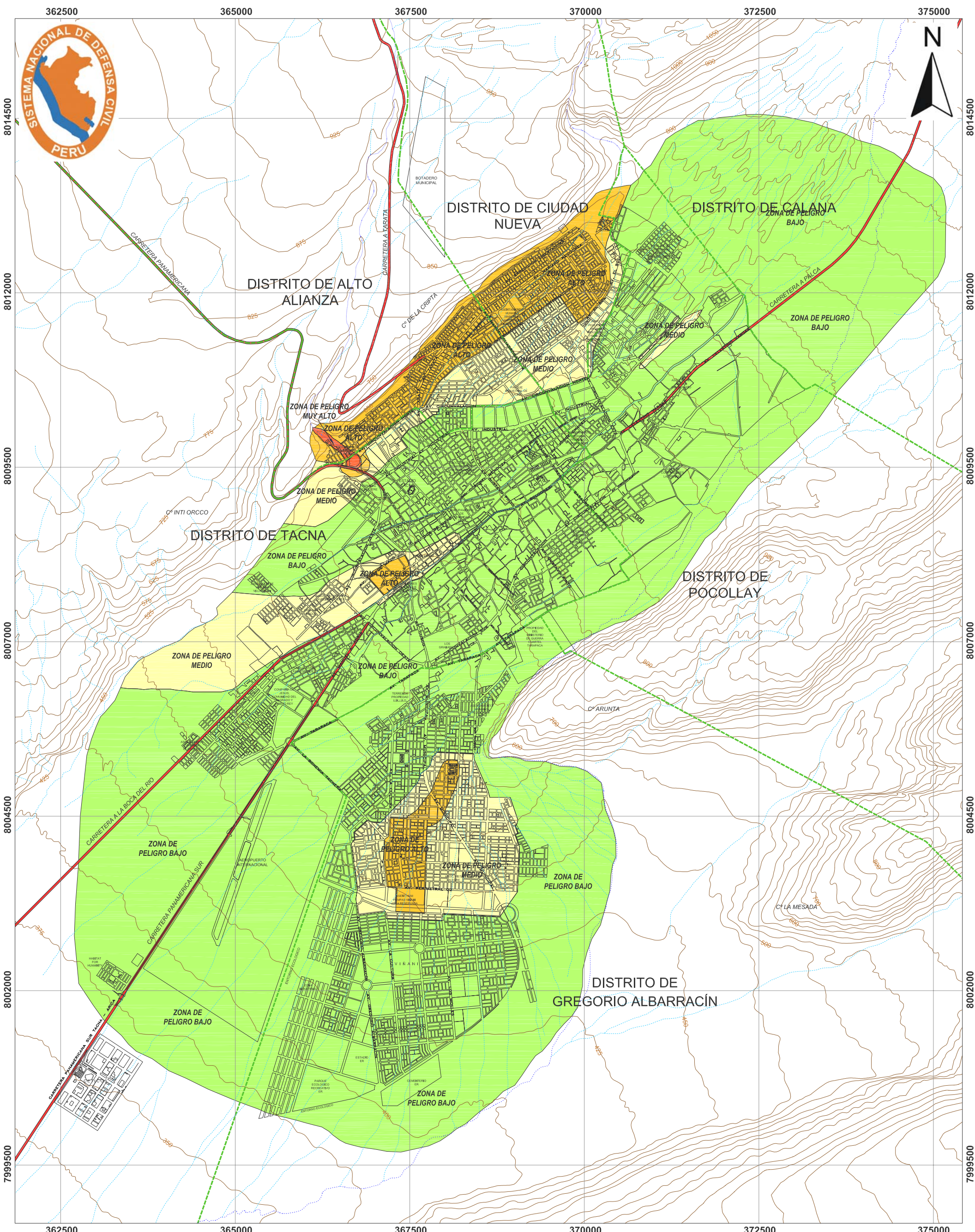
Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

Descripción: **MAPA HIDROLÓGICO**

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:350,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>14</b>
--------------------------	----------------------	-------------------------	----------------------





**LEYENDA**

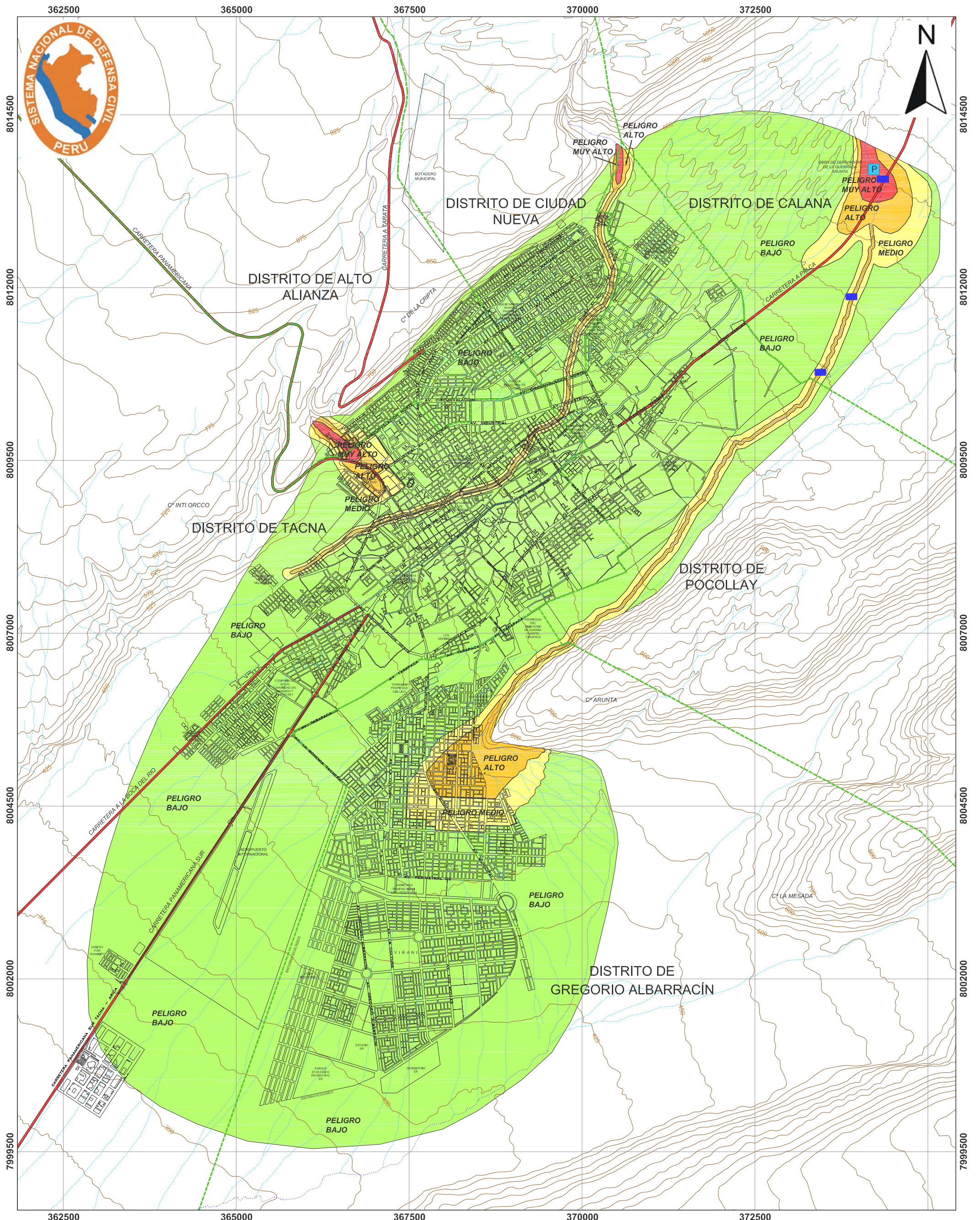
- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

**ZONIFICACIÓN DE PELIGROS**

- ZONAS DE PELIGRO ALTO
- ZONAS DE PELIGRO MEDIO
- ZONAS DE PELIGRO BAJO

Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
ZONIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>15</b>





**LEYENDA**

- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Limite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

**ZONIFICACIÓN**

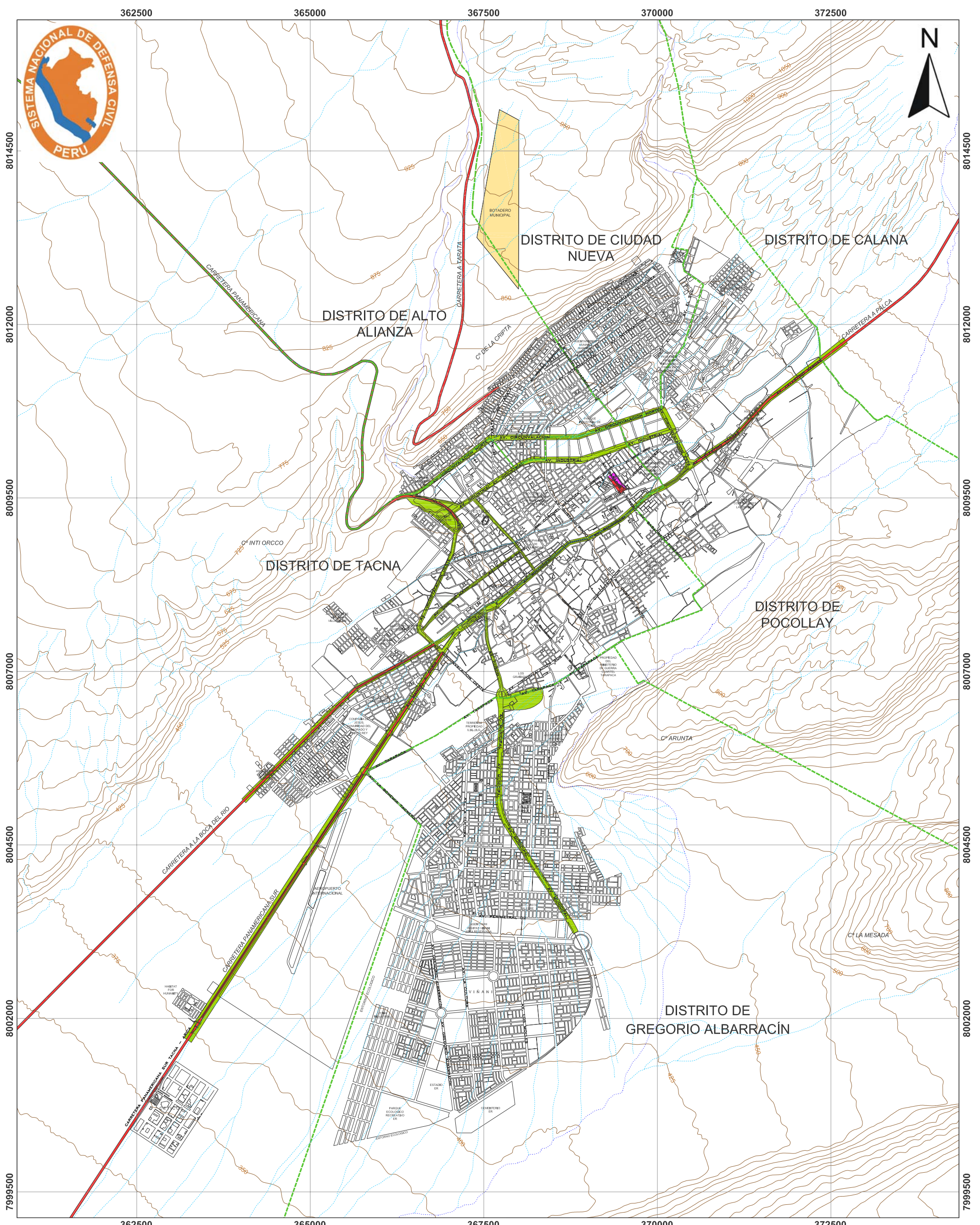
- PELIGRO MUY ALTO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO
- PELIGRO BAJO

**SIMBOLOGÍA**

- Puente
- Obra de derivación del Río Caplina

Proyecto:			
INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)			
Descripción:			
<b>ZONIFICACIÓN DE PELIGROS CLIMÁTICOS</b>			
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DICIEMBRE 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>16</b>





**LEYENDA**

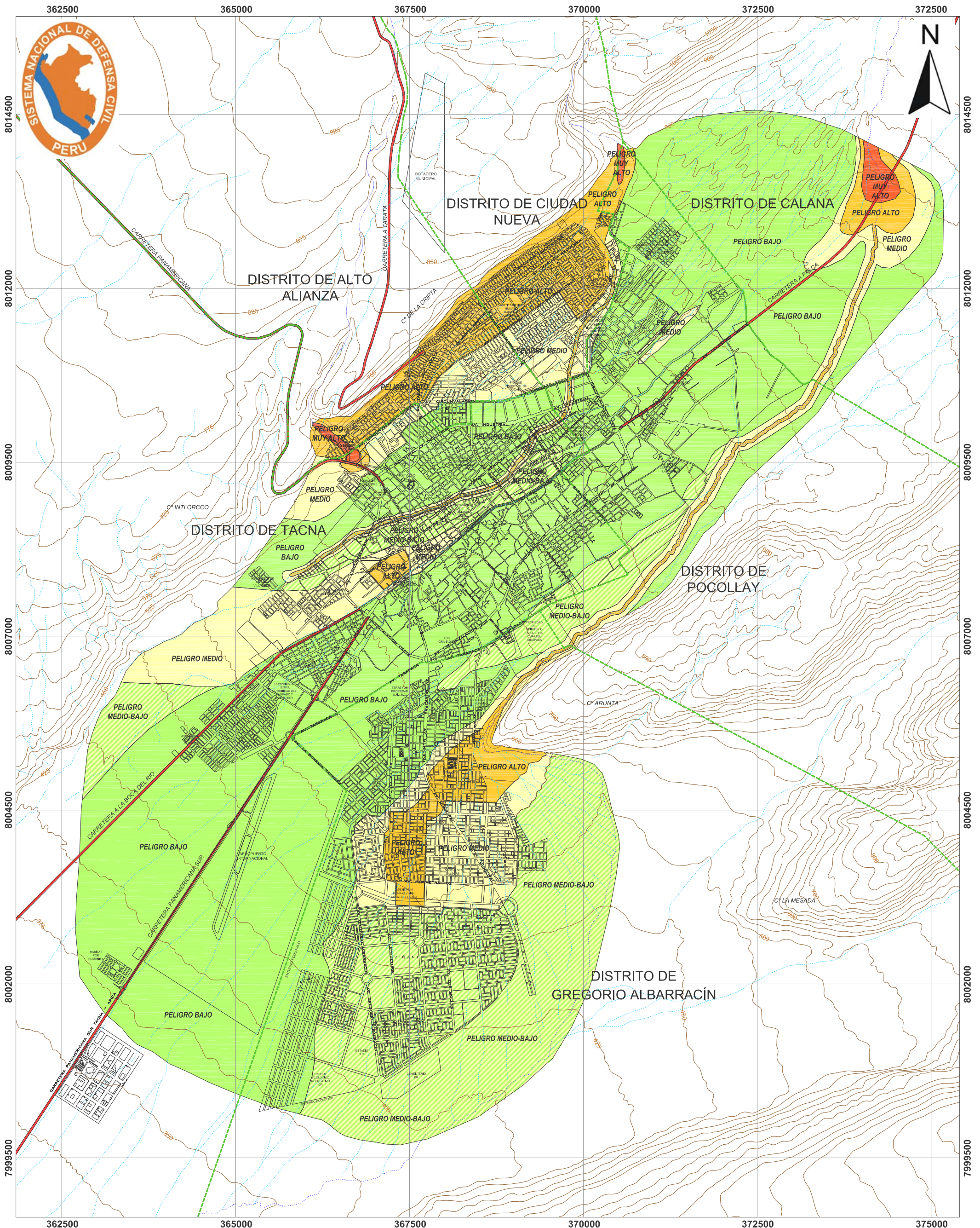
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

	Contaminación por humos
	Botadero municipal
	Tipo de contaminante: Partículas Totales en Suspensión-PTS, Plomo-Pb

Proyecto:	INDECI - PNUD - PER / 02 / 051 CIUDADES SOSTENIBLES		
Descripción:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO, ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)		
Fecha:	Escala:	Fuente:	Lamina:
DECEMBER 2004	1:50,000	ELAB. PROPIA	<b>17</b>





**LEYENDA**

- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

**PELIGROS MÚLTIPLES**

- PELIGRO MUY ALTO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO
- PELIGRO MEDIO-BAJO
- PELIGRO BAJO

Proyecto: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

Descripción: **ZONIFICACIÓN DE PELIGROS MÚLTIPLES**

Fecha: DICIEMBRE 2004	Escala: 1:50,000	Fuente: ELAB. PROPIA	Lamina: <b>18</b>
--------------------------	---------------------	-------------------------	----------------------

