



**ESTUDIO :**

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**

**INFORME PRINCIPAL**

**( Memoria Descriptiva )**

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

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
INDECI**

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

**DIRECTOR NACIONAL**

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

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

Director Nacional de Proyectos Especiales  
**LUIS MALAGA GONZALES**

Asesor Técnico Principal  
**JULIO KUROIWA HORIUCHI**

Asesor  
**ALFREDO PEREZ GALLEN0**

Responsable del Proyecto  
**ALFREDO ZERGA OCAÑA**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
**INDECI**

**EQUIPO TECNICO CONSULTOR**

Coordinador – Responsable del Estudio  
**ERASMO MATOS ESPINOZA**

Especialista en Geología  
**JULIO CHAVEZ CASTILLO**

Especialista en Hidrología  
**JOEL ORÉ IWANAGA**

Colaboradores

**RUBÉN CANGANA GUTIERREZ**  
**WILBER LAPA BERROCAL**  
**PABLO VARGAS DIPAZ**

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

#### **CAPITULO I : GENERALIDADES**

- 1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO
- 1.2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO
- 1.3.- DESCRIPCION DEL ESTUDIO
- 1.4.- UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
- 1.5.- ACCESO Y VIAS DE COMUNICACION
- 1.6.- CONDICIONES CLIMATICAS

#### **CAPITULO II : FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

- 2.1.- GENERALIDADES
- 2.2.- FASE DE RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE
- 2.3.- FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO
- 2.4.- FASE DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- 2.5.- FASE DE GABINETE

#### **CAPITULO III : ESTUDIOS BASICOS**

- 3.1.- CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO
- 3.2.- GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO
  - 3.2.1.- GEOLOGIA REGIONAL
    - 1.- GRUPO MITU
    - 2.- FORMACION SOCOS
    - 3.- FORMACION HUANTA
    - 4.- FORMACION AYACUCHO
      - a).- MIEMBRO AYACUCHO 1
      - b).- MIEMBRO AYACUCHO 2
      - c).- MIEMBRO AYACUCHO 3
    - 5.- VOLCANICO MOLINOYOCC
    - 6.- DIATOMITA QUICAPATA
    - 7.- VOLCANICO ACUCHIMAY
    - 8.- DEPOSITOS PLEISTOCENICOS
      - a).-DEPOSITOS CONGLOMERATICOS
      - b).-DEPOSITOS LACUSTRES
    - 9.- DEPOSITOS RECIENTES

a).-DEPOSITOS COLUVIALES

b).-DEPOSITOS ALUVIALES

### 3.2.2.- GEOLOGIA LOCAL

1.- TOBAS VOLCANICAS

2.- ARENISCAS TOBACEAS

3.- LAVAS Y PIROCLASTICOS

4.- DIATOMITAS

5.- PIROCLASTICOS TERCARIOS – CUATERNARIOS

6.- DEPOSITOS PLEISTOCENICOS

7.- DEPOSITOS RECIENTES

### 3.2.3.- GEOMORFOLOGIA LOCAL

1.- UNIDAD DE LADERAS

a).-LADERAS DE PENDIENTE SUAVE

b).-LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA

2.- UNIDAD DE RIOS Y/O QUEBRADAS

### 3.2.4.- VULCANISMO Y SISMICIDAD

1.- VULCANISMO

2.- SISMICIDAD

a).- HISTORIA SISMICA

b).- PELIGRO SISMICO

### 3.3.- GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.3.1.- EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS

3.3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS

3.3.3.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y ROCAS

3.3.4.- CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

3.3.5.- CONTENIDO DE SALES TOTALES Y SULFATOS DE LOS SUELOS

3.3.6.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

### 3.4.- HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.4.1.- GENERALIDADES

3.4.2.- DESCRIPCION DE TORRENTERAS

1.- AQOHUAYQO.

2.- YANAQAQA.

3.- SAN MARTÍN.

4.- AQOPAMPA.

5.- PILACUCHO.

- 6.- ISLACHAYOQ.
- 7.- WANCHITUYOQ.
- 8.- CHAQUIHUAYQO.
- 9.- CHUPAS.

3.4.3.- ANALISIS DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA

3.4.4.- HIDROGRAMA DE MAXIMAS AVENIDAS.

- 1.- HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO
- 2.- PRECIPITACION DE DISEÑO
- 3.- SUBCUENCAS DE INTERES
- 4.- HIDROGRAMAS DE AVENIDA DE DISEÑO

3.4.5.- TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

#### **CAPITULO IV : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**

4.1.- MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO – CLIMATICOS

4.1.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GELOGICO - CLIMATICOS

4.1.2.- EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS

4.1.3.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLÓGICO-CLIMATICOS

4.2.- MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS

4.2.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GEOTECNICO

4.2.2.- EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS

4.2.3.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOTECNICOS

4.3.- MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS

4.3.1.- FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO

4.3.2.- EVALUACION DE PELIGROS CLIMATICOS

4.3.3.- ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS

4.4.- MAPA DE PELIGROS MULTIPLES

4.4.1.- ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

#### **CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **BIBLIOGRAFIA**

##### **PLANOS**

**PLANO Nº01:** UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

**PLANO Nº02:** GEOLOGIA LOCAL

**PLANO Nº03:** GEOMORFOLOGIA LOCAL

**PLANO Nº04:** SISIMICIDAD LOCAL

**PLANO Nº05:** UBICACIÓN DE CALICATAS

**PLANO Nº06:** CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS

**PLANO Nº07:** CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS Y ROCAS

**PLANO Nº08:** CONTENIDO DE SULFATOS (S04) Y SALES TOTALES DE LOS SUELOS

**PLANO Nº09:** GEOTECNICO

**PLANO Nº10:** UBICACIÓN DE TORRENTERAS Y SUBCUENCAS

**PLANO Nº11:** PELIGROS GEOLOGICO-CLIMÁTICOS

**PLANO Nº12:** PELIGROS GEOTECNICOS

**PLANO Nº13:** ZONAS CON OCURRENCIA DE FENOMENOS CLIMÁTICOS

**PLANO Nº14:** PELIGROS CLIMÁTICOS

**PLANO Nº15:** PELIGROS MULTIPLES

## **ANEXOS**

### **ANEXO Nº 01 : GEOTECNIA**

- Ubicación de “calicatas” y Puntos de muestreo de roca de Estudios antecedentes y Estudio actual.
- Parámetros geotécnicos obtenidos de Ensayos Estándar para suelos de Ayacucho en excavaciones de Estudios antecedentes.
- Récord de excavación ( 23 “calicatas”- Estudio INDECI ).
- Ensayos Estándar de Clasificación ( 23 muestras - Estudio INDECI ).
- Contenido de Humedad natural (23 muestras- Estudio INDECI ).
- Peso volumétrico (10 muestras- Estudio INDECI ).
- Ensayos de Corte Directo en suelos ( 05 muestras- Estudio INDECI ).
- Propiedades físico-mecánicas y Ensayos de Corte Directo en rocas (02 muestras- Estudio INDECI ) .
- Parámetros físicos y mecánicos de las rocas de Ayacucho.
- Parámetros de resistencia máxima al esfuerzo cortante obtenidos por Pruebas Especiales del suelo de Ayacucho.
- Parámetros geomecánicos de las Rocas de Ayacucho para el cálculo de la capacidad portante.
- Cálculo de la capacidad portante para suelos de Ayacucho en excavaciones.
- Cálculo de la capacidad portante en laderas de cerro “La Picota”.
- Cálculo de la capacidad portante en laderas de cerro “Acuchimay”.
- Parámetros geotécnicos obtenidos de Ensayos de consolidación unidimensional para suelos de Ayacucho de Estudios antecedentes.
- Contenido de sales totales, sulfatos y PH en excavaciones de suelos de Ayacucho de Estudios antecedentes.

### **ANEXO Nº 02 : HIDROLOGIA**

- Registro de Precipitación Máxima en 24 horas en Estación Pampa del Arco – Ayacucho
- **CUADRO Nº 01 :** Método de Gumbel o Distribución de Valores extremos Tipo I
- **CUADRO Nº 02 :** Cálculo de la Precipitación para diferentes Periodos de Retorno
- **CUADRO Nº 03 :** Cálculo de Curvas IDF para Ayacucho
- **CUADRO Nº 04 :** Cálculo de la Ecuación de Talbot para Ayacucho

- **CUADRO Nº 05** : Hietograma de Precipitación de Diseño para un  $Tr= 50$  Años y 03 horas
- **CUADRO Nº 06** : Hietograma de Precipitación de Diseño para un  $Tr= 100$  Años y 03 horas
- **CUADRO Nº 07** : Precipitación de Diseño para Ayacucho (Duración menor a 3 horas)
- **CUADRO Nº 08** : Precipitación de Diseño para Ayacucho (Duración entre 3 y 24 horas)
- **CUADRO Nº 09** : Resumen de parámetros principales de subcuencas de Ayacucho y caudal máximo obtenido
- **CUADRO Nº 10** : Resumen de resultados para cada una de las subcuencas y precipitación en exceso obtenido
- **CUADRO Nº 11** : Cálculo del Transporte de sedimentos en Ayacucho
- **CUADRO Nº 12** : Zonas con ocurrencia de fenómenos climáticos y nivel de peligro
- **FIGURA Nº 01** : Distribución de Frecuencia – Precipitación de Diseño
- **FIGURA Nº 02** : Relación Precipitación de Diseño – Periodo de Retorno
- **FIGURA Nº 03** : Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Ayacucho
- **FIGURA Nº 04** : Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Ayacucho (Duración menor a 03 horas)
- **FIGURA Nº 05** : Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Ayacucho (Duración entre 3 a 24 horas)
- **FIGURA Nº 06** : Hietograma de Precipitación de Diseño para un  $Tr= 50$  Años y 03 horas
- **FIGURA Nº 07** : Hietograma de Precipitación de Diseño para un  $Tr= 100$  Años y 03 horas
- **FIGURA Nº 08** : Precipitación de Diseño para Ayacucho (Duración menor a 3 horas)
- **FIGURA Nº 09** : Precipitación de Diseño para Ayacucho (Duración entre 3 y 24 horas)

**ANEXO Nº 03 : PANEL FOTOGRAFICO**

- Vistas generales del área de estudio ( 09 fotografías).
- Vistas generales del desarrollo de los trabajos geólogo-geotécnicos (10 fotografías).
- Vistas generales del desarrollo de los trabajos hidrológico-hidráulicos (12 fotos) .

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente Informe ha sido realizado dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles, con la finalidad de establecer un documento técnico para el área de estudio, que comprende los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho, en donde se presente como producto final, la zonificación de Peligros Físicos asociado a la ocurrencia de diversos fenómenos naturales; fundamentalmente de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático.

La ciudad de Ayacucho se encuentra cubierta por formaciones geológicas de origen sedimentario, tales como tobas volcánicas y areniscas tobáceas; rocas de origen volcánico, tales como lavas y piroclásticos; depósitos pleistocénicos, tales como conglomerados y suelos lacustres fuertemente cementados; diatomitas y depósitos recientes, tales como coluviales, aluviales y fluviales, cuyas edades oscilan entre el Terciario superior y Cuaternario reciente.

El área de estudio se encuentra disectada por el curso principal del río Alameda; que cruza prácticamente por el centro y a lo largo de la ciudad de Ayacucho. Al río Alameda se van integrando a lo largo de su recorrido diversas quebradas afluentes, de entre las cuales destacan por su magnitud y sobre la margen izquierda: quebrada Huascaura, quebrada Puracuti, quebrada Accohuaycco y otras menores que tienen su origen principal en las laderas del cerro denominado "La Picota", ubicado al noroeste de la ciudad de Ayacucho; y por la margen derecha la quebrada Chaquihuaycco.

La ciudad de Ayacucho se encuentra en una zona de sismicidad media con probabilidad de ocurrencia de sismos de leves a moderados ( VI a VII en la Escala de Mercalli Modificada o MSK). y aceleraciones máximas hasta de  $0.35 \text{ m/s}^2$ .

La recopilación de información existente de estudios antecedentes ha permitido obtener características geomecánicas del suelo de cimentación de la ciudad de Ayacucho en 176 puntos de investigación de suelos y 06 puntos de investigación de rocas; los cuales se encuentran distribuidos uniformemente en diversos barrios. Esta información existente ha sido complementada con 23 puntos de investigación de suelos mediante la apertura de "calicatas" y 02 puntos de muestreo de roca; que se han ubicado en aquellas zonas en donde aún no se cuenta con información precisa recogida de estudios antecedentes; como es el caso de las nuevas zonas de expansión urbanística: Pampa Mollepata, zona del Aeropuerto antiguo y Barrio Miraflores. Para estos puntos, se ha procedido al recojo de muestras y realización de Ensayos de Laboratorio de Suelos y Rocas que han permitido definir sus propiedades físicas y mecánicas.

En el área de estudio se tiene la presencia de hasta 10 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas y de acuerdo a la descripción siguiente:

**SUELO TIPO I :** Se trata de una roca del tipo aglomerado volcánico, andesita Acuchimay y basalto de estructura vacuolar de muy buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en las áreas de los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto. En el distrito de Ayacucho ocupan mayormente la planicie del Aeropuerto antiguo y nuevo, y en menor proporción las escarpas del río Alameda desde el denominado ovalo evitamiento hasta la salida hacia Huanta.

**SUELO TIPO II :** Se trata de una Grava limosa de origen volcánico y limo-arenoso de baja plasticidad de buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de San Juan Bautista en el Barrio Miraflores y sus zonas de expansión urbanística.

**SUELOS TIPO III :** Grava limo arenosa de origen sedimentario antiguo y reciente y limos arenosos de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en el casco urbano y zona norte y en el distrito de Jesús de Nazareno en su parte central.

**SUELOS TIPO IV :** Limo inorgánico de origen lacustrino muy consolidado de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en la Pampa de Mollepata , Urbanización ENACE, Conchopata, Urbanización Jardín y Cannan, en el distrito de San Juan Bautista en Cooperativa Ciudad de las Américas, Santa Elena y San Melchor y en el distrito de Carmen Alto en los alrededores de la parte sur de la Cantera de Diatómita Quicapata.

**SUELOS TIPO V :** Arena limosa formada por alteración de tobas de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en Barrios Altos, Yuracc Yuracc, Puca Cruz, Santa Ana y Andamarca, y en el distrito de Jesús de Nazareno en la parte sur limítrofe con el río Alameda.

**SUELOS TIPO VI :** Limo inorgánico de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente a lo largo del valle del río Alameda entre el denominado Ovalo evitamiento hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas.

**SUELOS TIPO VII :** Grava areno limosa de origen aluvial y/o fluvial de regulares condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente a lo largo del cauce y áreas adyacentes del río Alameda entre el denominado Ovalo evitamiento hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de Ayacucho y en el cauce y áreas adyacentes de la quebrada Chaquihuaycco, desde su parte alta hasta su ingreso a la Cooperativa Ciudad de las Américas en el distrito de San Juan Bautista.

**SUELOS TIPO VIII :** Grava areno limosa bien graduada de origen sedimentario antiguo (conglomerado pleistocénico) de regulares condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho a lo largo de las laderas medias a altas del cerro "La Picota" desde el extremo norte cerca de la Urbanización ENACE hasta el extremo sur cerca al Barrio de Santa Ana.

**SUELOS TIPO IX :** Limo inorgánico de alta plasticidad de regulares a malas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran únicamente en el área de emplazamiento de la Cantera de Diatomita Quicapata ubicada en la zona Sur del distrito de Carmen Alto

**SUELOS TIPO X :** Limo inorgánico de origen sedimentario reciente de regulares condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran únicamente en el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho en el distrito de Jesús de Nazareno.

Los peligros de origen geológico y geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Ayacucho, son por amplificación local de ondas sísmicas, deslizamientos, socavamiento y cárcavas, desprendimiento de rocas y derrumbe de suelos, procesos que se ven favorecidos por una alta pendiente del terreno, baja o pobre consistencia de los materiales y el agua de lluvia en su acción de erosión, transporte y deposición. Especial interés representa la acción de estos procesos en las laderas del cerro "La Picota", sobre todo el de erosión por surcos y cárcavas.

El fracturamiento de la lava volcánica y piroclásticos en el corte del talud de la vía de evitamiento y carretera a Huanta, en su tramo inicial, causan desprendimientos menores de rocas, que pueden verse activados por la ocurrencia de un sismo y en menor grado por el agua de lluvia y viento.

Las torrenteras que cruzan la ciudad de Ayacucho, se encuentran ubicadas en la margen izquierda y en la margen derecha del río Alameda; al cual son afluentes y son las siguientes: Aqohuayqo, Yanaqaqa, San Martín, Aqopampa, Pilacucho, Islachayoq y Wanchituyoq por la margen izquierda; y Chaquihuayqo y Chupas por la margen derecha.

En general los cauces de quebradas y/o torrenteras representan un alto riesgo para la construcción de viviendas, porque el agua siempre busca su cauce natural para discurrir, sobre todo si se presenta un periodo de intensas lluvias. En la parte alta del Jr. San Martín, ENACE y otras áreas, se han invadido y rellenado antiguos cauces para construir viviendas, representando un alto riesgo en época de lluvias intensas.

La deposición de sedimentos en el casco urbano de la ciudad es consecuencia de la alta capacidad de transporte de sedimentos que tienen las quebradas y torrenteras, que naciendo de las laderas del cerro "La Picota" cruzan la ciudad y llegan finalmente hacia el río Alameda, depositando en su camino material de arrastre y originando inundaciones superficiales a medias en puntos críticos.

La ciudad de Ayacucho se ha dividido en 05 niveles de peligrosidad en función a la ocurrencia de peligros de origen geológico (sismos), geológico-climático, geotécnico y climático; según la descripción siguiente: .

#### **Zona de Peligro Bajo**

Zona de inundaciones superficiales repentinas, poco frecuentes y de corta duración, con leve transporte de sedimentos, no existen peligros asociados a fenómenos de origen geotécnico, ni

ocurren fenómenos geológicos y geológico-climáticos de gran magnitud. La capacidad portante del terreno es mayor a  $3.00 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### **Zona de Peligro Medio-Bajo**

Es una zona de transición entre la de Peligro Bajo y Peligro Medio; donde sus limitaciones fundamentales son sus valores medios de capacidad portante del terreno ( $1.50$  a  $3.00 \text{ Kg/cm}^2$ ) y la posibilidad de amplificación local de media a baja de las ondas sísmicas. Zona de inundaciones superficiales a medias repentinas y de corta duración con leve a moderado transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de surcos.

#### **Zona de Peligro Medio**

Zona de inundaciones superficiales a medias repentinas y de corta duración con moderado transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de cárcavas, la capacidad portante del terreno se encuentra entre  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$  y la amplificación de las ondas sísmicas es media.

#### **Zona Peligrosa**

Zona de inundaciones medias repentinas y de corta duración con moderado a intenso transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión y formación de cárcavas, problemas de derrumbes, agrietamientos, deslizamientos de suelos y desprendimiento de rocas por la acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , existe variación de volumen del suelo por cambios en su contenido de humedad y la amplificación local de las ondas sísmicas es alta.

#### **Zona Altamente Peligrosa**

Zona de inundaciones medias a profundas repentinas, frecuentes y de corta duración con transporte de sedimentos repentino e intenso, flujos de lodo en forma frecuente, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión, formación de cárcavas, intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en época de lluvias y desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es menor a  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$  y la amplificación local de las ondas sísmicas es muy alta.

La mayor parte del distrito de Ayacucho y que incluye las áreas de expansión urbanística en la Pampa Mollepata y Aeropuerto antiguo se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo y Bajo. Un área importante concéntrica a la Plaza de armas de la ciudad y que tiene como límite por el oeste la "Vía Libertadores", los barrios de Santa Ana y Andamarca, la Urbanización ENACE, las áreas agrícolas del fundo Canaan y una franja angosta por debajo de la "Vía Libertadores" desde ENACE hasta Santa Ana, tienen un Peligro Medio. La parte media y alta de las laderas del cerro "La Picota" en una franja que corre prácticamente paralela a las cumbres del cerro de Sur a Norte es una zona Peligrosa. La zona de peligro son las laderas medias y altas del cerro "La Picota" desde la parte Norte

ubicada al frente de la Urbanización ENACE hasta la parte Sur cerca del Barrio de Santa Ana y la zona altamente peligrosa son los actuales y antiguos cauces de los cursos de agua que discurren desde el cerro “La Picota” hasta el casco urbano de la ciudad.

La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye la áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción del área de la mina de Diatomita Quicapata y los cursos de agua y áreas adyacentes al cauce del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es Peligroso y altamente Peligroso, respectivamente y además la zona circundante a la mina de Diatomita Quicapata se trata de una zona de Peligro Medio-Bajo.

La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye la áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo. Un área importante concéntrica al pico del cerro “Acuchimay” y que tiene como límite los ríos Alameda, quebrada Chaquihuaycco y el distrito de Carmen Alto tiene un Peligro Medio. Los cursos de agua y áreas adyacentes al río Alameda, Huatatas y quebrada Chaquihuaycco es una zona Altamente Peligrosa.

La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Altamente Peligroso. La zona de emplazamiento de Villa San Cristóbal y alrededores, así como el valle del río Alameda desde el denominado ovalo de Evitamiento hasta el emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho tienen un Peligro Medio.

La ciudad de Ayacucho en términos generales presenta Peligros de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático, de calificación baja a media con capacidad de desarrollar zonas urbanas de alta densidad, a excepción de las laderas medias a altas del cerro “La Picota” en donde la alta incidencia de los fenómenos climáticos, geológicos y geológico-climáticos hace que sea una zona Peligrosa y que se requieran los estudios detallados del caso para desarrollar zonas urbanas de baja densidad.

## **CAPITULO I : GENERALIDADES**

### **1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

En el año 1979 el Instituto Geológico Minero y Metalurgico del Perú (INGEMMET) elabora a solicitud de la entonces ORDEAYACUCHO un estudio destinado a analizar la seguridad física de la ciudad de Ayacucho y en el año 1981 a raíz de los sismos ocurridos entre 1980 y 1981 en el departamento de Ayacucho un estudio sobre la seguridad física de las ciudades afectadas por los sismos en el área de Ayacucho y Huancavelica. Desde ese año hasta la actualidad poco ha sido desarrollado por las entidades competentes con respecto a la seguridad física de la ciudad de Ayacucho, salvo trabajos académicos aislados relacionados a la problemática de drenaje de aguas superficiales en el cerro “La Picota” y determinación de la capacidad portante de los suelos de Ayacucho realizados por exalumnos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

La actual situación referente al conocimiento de los peligros físicos que amenazan las áreas urbanas y de expansión urbanística de los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno, indica que se tiene información aislada en diversos puntos y que coincide con aquellas zonas para las cuales se desarrolló un Estudio de Mecánica de Suelos o un Estudio específico de Peligros por variadas razones para una obra importante y de características particulares; sin embargo, para aquellas zonas en las cuales se tiene un uso exclusivamente residencial y con posibilidad de expansión urbanística al futuro aún no se cuenta con una información racional y zonificada que permita su aplicación práctica en la Planificación urbana adecuada de los distritos de interés.

Bajo esta situación; es necesario contar con un documento que permita disponer una zonificación de Peligros de variado origen: geológico, geológico-climático, geotécnico y climático, para el área urbana y expansión urbanística de los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno y es por ésta razón, que dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER 02/051 – CIUDADES SOSTENIBLES se desarrolla el presente estudio denominado: **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO.**

### **1.2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Los objetivos principales son los siguientes:

- Conocimiento de las características topográficas, geológicas, geomorfológicas, sísmicas, geotécnicas, climatológicas, hidrológicas e hidráulicas del área de estudio que comprende las áreas urbanas y de expansión urbanística en los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno.
- Determinación de un documento técnico para el área de estudio, en donde se presente como resultado final, la zonificación de Peligros Físicos asociado a la ocurrencia de diversos eventos naturales; fundamentalmente de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático.

### **1.3.- DESCRIPCION DEL ESTUDIO**

Para la determinación del Mapa de Peligros de la ciudad de Ayacucho, que comprende a los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juana Bautista y Jesús de Nazareno, se han desarrollado las actividades siguientes:

- Recopilación de información
- Investigaciones de campo
- Ensayos de laboratorio
- Labores de gabinete

La recopilación de información básica referida a planos topográficos y estudios de geología, geotecnia, mecánica de suelos, hidrología y otros, de áreas ubicadas en los distritos de interés, se ha desarrollado primero mediante una recopilación de información existente procedente de variadas

instituciones tanto particulares como estatales siendo de fundamental importancia aquella proporcionada por CES Consulting Engineering Salzgiter, en los Estudios de Mecánica de Suelos de los Estudios de Factibilidad y Definitivo de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Ayacucho, elaborados en 1996 y 2000, respectivamente. La información también abarca aspectos de detalle tales como clasificación de suelos, parámetros geomecánicos y otros. De la información existente recopilada, se ha realizado un análisis y una cuidadosa selección de los datos representativos de interés, con la finalidad de poder utilizarlos en el presente Estudio. La siguiente fase de la recopilación de información comprende aquella específica que ha sido obtenida durante el desarrollo del presente Estudio y que comprende básicamente los aspectos geológicos, geotécnicos e hidrológicos destinados a determinar los fenómenos de variado origen que causan peligros físicos o amenazas para la ciudad de Ayacucho.

Las investigaciones de campo han permitido coleccionar "in situ" toda la información de detalle referidas a geología, geotecnia e hidrología del área de interés en donde se haya obtenido información existente y en aquellas en las cuales no se cuente aún con la misma. En el primer caso, las investigaciones de campo han tenido como objetivo confirmar y complementar la información seleccionada y en el segundo caso han tenido como objetivo conocer las características propias del área mediante las investigaciones de detalle programadas para tal efecto en el presente Estudio.

Los ensayos de laboratorio realizados a muestras tomadas en zonas no estudiadas de acuerdo a un Programa de investigaciones de campo previamente establecido han permitido obtener información precisa de las diversas características requeridas y en especial de los suelos y rocas de cimentación involucrados en el área de estudio, de manera que se pueda obtener toda la información del caso para calificar y cuantificar los fenómenos de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático.

Las labores de gabinete se han desarrollado con los resultados obtenidos en las labores anteriores y su objetivo fundamental es obtener la zonificación de: la geología superficial, clasificación de suelos y rocas, geomorfología, sismicidad, contenido de sales totales y sulfatos y otros, de manera que finalmente permitan definir los Mapas de Peligros de origen geológico, geológico-climático, geotécnico, climático y el final denominado el Mapa de Peligros Múltiples; resultados que han sido materializados finalmente en los planos respectivos.

#### **1.4.- UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política :

Lugar : Cercado, Santa Ana, Andamarca, Puca Cruz, Urb. Nazarenas, Urb. Jardín, Urb. María P. de Bellido, Urb. Mariscal Cáceres, Asoc. Basilio Auqui, Asoc. Nery García Asoc. Madre Covadonga, Pampa Mollepata, Aeropuerto Antiguo, Aeropuerto Nuevo, Urb. César Mujica, Urb. San José, Santa Elena, Canaan, Conchopata, Coop. Ciudad de las Américas, Urb. Jardín, Barrio Miraflores, San Juan Bautista, Acuchimay, Vista Alegre, Quicapata, Planta de Tratamiento Totorilla y otros.

Distrito : Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto y Jesús Nazareno  
Provincia : Huamanga  
Departamento : Ayacucho

y presenta la siguiente ubicación planialtimétrica :

Coordenada Norte : De 8'542,000 m. a 8'547,500 m.  
Coordenada Este : De 582,800 m. a 586,500 m. .  
Altitud : De 2,615.000 m.s.n.m. a 2,900.000 m.s.n.m.

La ubicación del área de estudio se presenta en el **PLANO N° 01**

### **1.5.- ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN**

El acceso al área de estudio se realiza desde Lima mediante la utilización de la carretera principal asfaltada Panamericana Sur hasta llegar al Distrito de San Clemente de Pisco luego de un recorrido de 225.0 Km.; desde éste punto y utilizando la carretera asfaltada denominada "Los Libertadores" se llega a Ayacucho luego de cruzar los centros poblados de Huaytará, Apacheta, Niñobamba, Jatumpampa y Huascaura con un recorrido aproximado de 330.0 Km.

En total desde Lima hasta Ayacucho se efectúa un recorrido estimado de 555.0 Km. y un tiempo de viaje en camioneta u ómnibus de aproximadamente 7 a 8 horas.

Estando ya en la ciudad de Ayacucho se puede acceder a los diferentes barrios, urbanizaciones, asociaciones, áreas de expansión urbana, etc., que conforman los distritos de Ayacucho, San Juan Bautista , Carmen Alto y Jesús de Nazareno utilizando diversos caminos, vías asfaltadas, calles avenidas y arterias que conducen a dichos lugares específicos.

### **1.6.- CONDICIONES CLIMÁTICAS**

El área de estudio goza de un clima templado a cálido con una temperatura ambiental media anual del orden de 17° C, precipitación promedio multianual de 550.0 mm., humedad relativa media anual de 60% y valores de evaporación total media anual de alrededor de 1,800.00 mm. , acorde a la información meteorológica registrada en la Estación Climatológica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga ( Pampa del Arco-UNSCH ) ubicada al interior del campo universitario y que se puede considerar representativa para el área de interés.

Usualmente no se suelen suceder heladas, sin embargo , las temperaturas extremas mínimas ocurren durante los meses de Mayo y Junio con valores hasta de alrededor de 2° C pero que no tienen mayores efectos dañinos en los cultivos de tipo agrícola ni en la salud de los pobladores. El clima del área de estudio es propicio para la vida humana y para una agricultura intensiva, pudiéndose cultivar papa, maíz, frutales , hortalizas y otros.

## **CAPITULO II : FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **2.- FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

#### **2.1.- GENERALIDADES**

El presente estudio denominada “**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**”, ha sido desarrollado en cuatro grandes fases, que se indican a continuación: :

- **Recopilación de información existente** : Consiste en la recopilación de la mayor cantidad posible de información contenida en Estudios antecedentes y/o similares, relacionada básicamente a geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos y otros para un punto de investigación específico dentro del área de interés y sus alrededores más cercanos.
- **Investigaciones de campo** : Son aquellos trabajos que se desarrollan en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa “in situ” referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos y que permitan desarrollar los estudios básicos correspondientes.
- **Ensayos de Laboratorio** : Son aquellos trabajos que se desarrollan en un laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas y que tienen como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos y rocas encontradas en el área de interés.
- **Trabajos de gabinete** : Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases de campo y laboratorio permiten determinar los Estudios Básicos correspondientes y finalmente preparar los Mapas de Peligros.

#### **2.2.- FASE DE RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE**

Para efectos de desarrollar cada uno de los Estudios Básicos : Geología, Geotecnia e Hidrología se ha procedido a la recopilación de información existente de interés.

Para efectos de desarrollar el Estudio Geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología Regional del Cuadrángulo de Ayacucho (Hoja 27 ñ)
- Informe Geológico para el Estudio de Prefacibilidad de las Obras de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ayacucho (Fuente: CES-EPSASA)
- Informe Geológico para el Estudio a nivel Definitivo de las Obras de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ayacucho (Fuente: CES-EPSASA)
- Informes Geológicos de las Tesis de investigación relacionadas al tema presentadas por los exalumnos de la UNSCH : F. Cuba, A. Choquechanca y M. Pizarro.
- Estudios del INGEMMET elaborados entre el año 1979 a 1981 para ORDEAYACUCHO con la finalidad de caracterizar la seguridad física de la ciudad de Ayacucho y peligro sísmico. (Fuente: INGEMMET)

En esta primera gran fase del estudio; es de gran interés la información relacionada a geotecnia y mecánica de suelos, que comprende básicamente parámetros del suelo en un punto de investigación específico, tales como: perfil estratigráfico, clasificación SUCS, propiedades índice, parámetros de esfuerzo-deformación, estado de compacidad y otros que permitan determinar las bondades ingenieriles del suelo como material de cimentación.

Para el desarrollo de esta labor se ha recurrido al apoyo de diversas instituciones tanto particulares como estatales que han facilitado la recopilación de información y la cual, ha consistido básicamente en lo siguiente:

- Proyecto para el cual se ha efectuado el estudio de mecánica de suelos y/o rocas
- Ubicación y profundidad del punto de investigación
- Fecha de ejecución de las investigaciones
- Perfil estratigráfico del subsuelo en el punto de investigación
- Clasificación SUCS del subsuelo y/o rocas en el punto de investigación
- Propiedades índice del subsuelo y/o rocas en el punto de investigación
- Propiedades esfuerzo-deformación del subsuelo y/o rocas en el punto de investigación
- Propiedades de resistencia al esfuerzo cortante del subsuelo y/o rocas en el punto de investigación
- Indicadores de estado de compacidad y otros

La información antes detallada se refiere a una denominada como básica; es decir, cualquier entidad que la hubiese desarrollado sobre el mismo punto de investigación hubiese obtenido los mismos resultados, puesto que el procedimiento de obtención de dicha información se encuentra plenamente estandarizado mediante las investigaciones de campo y ensayos de laboratorio respectivos, que se encuentran en la Norma E050: Suelos y Cimentaciones. Lo anterior es necesario precisar, puesto que la recopilación de dicha información no significa que se haya apropiado de resultados únicos para una entidad; y se entiende que el tratamiento posterior relativo a la determinación de valores de diseño es parte propia y exclusiva del presente estudio.

La información ha sido obtenida básicamente de las entidades particulares y estatales siguientes:

- Municipalidad Distrital de Ayacucho en el desarrollo de Proyectos de pavimentación de diversas vías.
- Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y de Salud – INFES – Zonal Ayacucho en el desarrollo de Proyectos de Centros Educativos
- Consulting Engineers Salzgitters y Consultor Erasmo Matos Espinoza en el desarrollo del Proyecto de agua potable para la ciudad de Ayacucho.
- Consulting Engineers Salzgitters y Consultor Erasmo Matos Espinoza en el desarrollo del Proyecto de alcantarillado para la ciudad de Ayacucho.
- Consulting Engineers Salzgitters y Consultor Erasmo Matos Espinoza en el desarrollo del Proyecto de Drenaje Pluvial para la ciudad de Ayacucho.
- Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga en el desarrollo de Proyectos diversos para la ciudad universitaria “Los Módulos”

- Ex alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la UNSCH que han desarrollado Tesis con información relativa a mecánica de suelos (F. Cuba, A. Choquechanca y M. Pizarro).

La información total recopilada ha comprendido cerca de 300 puntos de investigación ubicados en el área de interés y alrededores; la cual, ha sido analizada y procesada sistemáticamente para su posterior uso. Del total de la información recopilada se ha seleccionado finalmente 176 puntos de investigación del subsuelo y 06 puntos de investigación de roca que contienen información para su uso en la determinación de valores geomecánicos de los suelos y rocas. Los 176 puntos de investigación seleccionados abarcan información de gran parte del distrito de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno, quedando algunas zonas sin haberse estudiado plenamente y que han merecido un trabajo complementario, a partir de un Programa de investigaciones de campo y laboratorio propio del presente estudio.

Para efectos de desarrollar el Estudio Hidrológico se ha recopilado la información siguiente:

- Información Hidrometeorológica de la Estación Pampa del Arco en Ayacucho para el periodo comprendido entre 1962 al 2000 (Fuente: SENAMHI\_PERC)
- Informe Hidrológico para el Estudio a nivel de Facilidad de las Obras de Drenaje Pluvial de la ciudad de Ayacucho Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ayacucho (Fuente: CES-EPSASA)
- Informe Hidrológico de la Tesis de investigación relacionada al tema, presentada por el exalumno de la UNSCH: A. Choquechanca.

### **2.3.- FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO**

Para efectos de desarrollar el Estudio Geológico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

- Reconocimiento de la litología, estructuras, geomorfología y fenómenos de origen geológico y geológico-climático de mayor incidencia en la zona.
- Levantamiento geológico de las zonas urbanas, adyacentes y de expansión urbanística, a la escala 1:25,000.
- Toma de muestras en diferentes puntos del terreno.
- Selección de áreas de menor y mayor peligro ante fenómenos de origen geológico.

Un trabajo de fundamental importancia en las investigaciones de campo para elaborar el Estudio Geotécnico es la determinación del Perfil estratigráfico del suelo de cimentación; asimismo, identificar cualitativa y cuantitativamente mediante ensayos de campo las propiedades geomecánicas del subsuelo. Estos trabajos ya han sido realizados en los 176 puntos de investigación de suelo y 06 puntos de investigación de rocas que han sido colectados como información existente; por lo que las investigaciones de campo sobre estas áreas específicas han consistido en efectuar un reconocimiento de campo tomando en cuenta los resultados obtenidos y confirmar mediante indicadores de campo la confiabilidad de la información presentada.

En aquellas zonas en donde la información se haya mostrada escasa e insuficiente se ha Preparado un Programa de investigaciones complementario de campo mediante la apertura de 23 “calicatas” de investigación de 3.0 m. de profundidad y 02 puntos de muestreo de rocas; con la finalidad de determinar en campo y laboratorio las propiedades del suelo y roca de cimentación.

Para cada una de las “calicatas” aperturadas en el área de interés, se han realizado los Ensayos de Campo que a continuación se detallan:

**- Descripción del perfil estratigráfico de los suelos según Norma ASTM D 2487**

Destinado a conocer las características del suelo de cimentación hasta una profundidad igual a la de la “calicata” aperturada y que se refieren básicamente a la determinación del color, consistencia, forma de partículas, tamaño máximo de piedras, cobertura general, etc.. Complementariamente a este trabajo, se ha efectuado una auscultación en campo del estado de compacidad del suelo de cimentación en su estado natural e identificación de la estabilidad de las excavaciones efectuadas, Para el caso de macizos rocosos se ha estimado el valor medio del RMR (Rock Mass Rating),

**- Muestreo de suelos y rocas en “calicatas” aperturadas según Norma ASTM D 420:**

En las “calicatas” aperturadas, se ha efectuado la toma de muestras de los estratos que conforman el suelo de cimentación y rocas acorde a las recomendaciones de la Norma E.050. En los casos que los suelos sean de estructura básicamente granular ,se ha extraído muestras alteradas del tipo **Mab** y para el caso de suelos con cohesión de estructura fina se ha extraído muestras inalteradas del tipo **Mib**; en el caso de macizos rocosos se ha recogida muestras de la roca matriz.

**- Densidad natural “ in situ ” :**

Consiste en la ejecución de ensayos "in situ" utilizando el Método del Cono de Arena a partir de los cuales es posible conocer los valores de densidad y humedad natural para los diferentes estratos promedios del perfil estratigráfico. En los casos que no se haya podido realizar dicho método se ha recurrido a la determinación de la densidad natural mediante la toma de muestras inalteradas y de no ser posible, en base a los valores de densidad máxima y mínima del suelo en análisis, mediante una auscultación “in situ” del estado de compacidad del mismo.

Las investigaciones de campo se han desarrollado entre los meses de Junio y Julio del 2003 y han consistido básicamente en efectuar un reconocimiento de campo en el área que comprende el distrito de Ayacucho; Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno. Para tal efecto se ha contado con el apoyo del Ing<sup>o</sup>. Geólogo Julio Chávez Castillo. Dicho reconocimiento ha tenido como objetivo identificar las formaciones superficiales geológicas existentes y tomando en cuenta indicadores geológicos o similares se confirme la información presentada en la recopilación de los 176 puntos de investigación; asimismo, en algunas zonas específicas se ha visto por conveniente efectuar investigaciones complementarias mediante “calicatas” de investigación y/o puntos de muestreo de rocas que han permitido identificar las propiedades geomecánicas del suelo y roca de cimentación.

Este trabajo de campo también ha tomado en cuenta toda la información antecedente referida básicamente a aspectos geológicos y geotécnicos y viene a ser una complementación y extensión al detalle de la geología superficial local del área de interés.

Para efectos de desarrollar el Estudio Hidrológico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo :

- Reconocimiento del área de estudio con la finalidad de definir en campo los torrentes de mayor importancia desde el punto de vista de peligro o amenaza de origen climático.
- Entrevistas testimoniales a lugareños con la finalidad de establecer los antecedentes y el tipo de fenómeno que con mayor frecuencia ocurre en cada una de los torrentes de interés ( flujo de lodo, transporte de sedimentos, inundaciones).
- Determinación en campo de la red de drenaje y caracterización de las subcuencas de mayor peligro dentro del área de interés
- Levantamiento catastral de puntos críticos en las zonas urbanas, adyacentes y de expansión urbanística, en los cuales ocurren fenómenos de origen climático que constituyen un peligro físico de relativa importancia.

#### **2.4.- FASE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Esta fase se desarrolla para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o puntos de muestreo de la fase de investigaciones de campo ; y está destinada a conocer las propiedades índices y geomecánicas de los materiales encontrados mediante la ejecución de Ensayos Estándar y Especiales que se indican a continuación:

<b>ENSAYOS ESTANDAR</b>	<b>NORMA USADA</b>
1.1.- Descripción visual – manual	ASTM D 2488
1.2.- Contenido de humedad natural	ASTM D 2216
1.3.- Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D 422
1.4.- Límite líquido y límite plástico	ASTM D 4318
1.5.- Clasificación unificada de Suelos	ASTM D 2487
1.6.- Próctor Modificado	ASTM D 1557
1.7.- Densidad seca mínima	ASTM D 4252
1.8.- Peso específico de los sólidos	ASTM D 854
1.9.- Peso volumétrico	ASTM D 2937
1.10.- Densidad Natural (Cono de Arena)	ASTM D 1556
<b>ENSAYOS ESPECIALES</b>	<b>NORMA USADA</b>
2.1.- Corte directo en suelos	ASTM D 3080
2.2.- Corte directo en rocas	

Los Ensayos Estándar de Laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en las “calicatas” aperturadas; en el Laboratorio de Suelos M y V ubicado en la ciudad de

Ayacucho. Asimismo, se han efectuado Ensayos de Corte Directo en muestras de suelo alteradas y luego remoldeadas a la densidad natural en el Laboratorio N° 2 – Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería ubicado en la ciudad de Lima y Ensayos de Corte Directo en Rocas en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga ubicado en la ciudad de Ayacucho.

## **2.5.- FASE DE GABINETE**

Esta fase se desarrolla después de haber culminado las Fases de recopilación de información, Investigaciones de campo y de Ensayos de Laboratorio. La Fase de gabinete analiza minuciosamente los resultados de las Fases anteriores, con la finalidad de garantizar la bondad y calidad de la información obtenida de manera que permita definir resultados detallados referentes al área de estudio, tales como : geología superficial, geomorfología, sismicidad, clasificación de suelos y rocas, capacidad portante, geotécnico, hidrológico y otros; con el cual se procederá a determinar los fenómenos de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático de mayor importancia en el área de estudio para luego definir el Mapa de Peligros para los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno.

## **CAPITULO III : ESTUDIOS BASICOS**

### **3.1.- CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO**

La información cartográfica existente para el área de estudio ha sido colectada en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y en la Dirección de Catastro Rural del Ministerio de Agricultura cuyas oficinas se encuentran ubicadas en la Ciudad de Lima, acorde al detalle siguiente :

- Carta Nacional del Cuadrángulo de Ayacucho (hoja 27-ñ) a escala 1 :100,000.
- Planos catastrales a escala 1 :25,000

La información Topográfica existente para el área de estudio comprende los Planos catastrales obtenidos por restitución aerofotogramétrica de las fotografías aéreas de vuelo bajo efectuadas por el SAN en el año de 1996. De dicha información aerofotogramétrica ha sido posible obtener un Plano catastral a escala 1 :5,000 y curvas a nivel cada 5.00 m., del área de Estudio; que han sido finalmente afinadas por el grupo consultor CES en el año 1999 y por COFOPRI en el año 2001 ; contando finalmente con una información fidedigna y adecuada para efectos de los trabajos del presente Estudio.

Para aquellas zonas de interés en donde no se haya tenido información catastral previa ; como es el caso específico de la Pampa Mollepata ubicada al norte del distrito de Ayacucho, se ha efectuado un levantamiento catastral con el apoyo de un GPS Navegador, que ha permitido definir con suficiente precisión los límites de las calles y urbanizaciones.

### **3.2.- GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.2.1.- GEOLOGIA REGIONAL**

Las unidades estratigráficas que afloran en la región, están comprendidas entre el paleozoico y el cuaternario reciente. De la mas antigua a la mas reciente son como siguen:

#### **1.- GRUPO MITU**

Con esta denominación se conoce a una secuencia volcánica algo abirragada, que al norte de Vinchos se expone en ambos flancos del río Cachi. Su composición predominante es andesítica, pero sufre variaciones litológicas y texturales tanto en sentido vertical como lateralmente. Regionalmente a esta unidad se le asigna una edad comprendida entre el Permiano superior y el Triásico inferior

#### **2.- FORMACION SOCOS**

Con este nombre se agrupa un potente conjunto de rocas sedimentarias de ambiente continental. Sus afloramientos mas representativos se exponen de sur a norte en las localidades de Socos, Vinchos y San Pedro de Cachi. En su conjunto presenta una coloración marrón rojiza, con algunos niveles blancos por la presencia de capas de yeso. Esta constituida por conglomerados hacia la parte superior, luego areniscas finas en los niveles intermedios, terminando la secuencia con lodolitas y lutitas hacia la parte inferior.

#### **3.- FORMACION HUANTA**

Litológicamente está constituida por areniscas arcósicas de grano medio y microconglomerados de color rojo intenso y capitas de yeso lenticular. Los clastos de los microconglomerados son redondeados en una matriz tufácea-arcillosa. Esta secuencia muestra buenas estructuras sedimentarias de estratificación cruzada que evidencian un ambiente lacustre y aporte fluvial. Tanto lateral como verticalmente las areniscas son seguidas por conglomerados heterogéneos con cantos de cuarcitas, calizas, granitos y rocas volcánicas en una matriz areno-tufácea de color gris. Esta formación se ubica por encima de la formación Socos.

#### **4.- FORMACION AYACUCHO**

Esta formación se halla dividida en tres miembros que afloran entre Ayacucho y Huanta, los mismos que tienen características litológicas propias; y son como siguen.

##### **a).- MIEMBRO AYACUCHO 1**

Corresponde al miembro inferior que descansa sobre la formación Huanta. Litológicamente está constituido por areniscas arcósicas de grano grueso a medio, con estratificación cruzada bien marcada y tobas blancas de composición dacítica. Las tobas son de grano grueso a fino, de poca cohesión y con buena proporción de biotita.

##### **b).- MIEMBRO AYACUCHO 2**

Este miembro se caracteriza por ser una toba masiva de color rosado, la cual ocupa gran parte de la cuenca de Ayacucho. La toba tiene una composición que varía de riolítica a dacítica y textura porfírica con grandes fenocristales de feldespatos, especialmente plagioclasa que llegan a los 5 m.m. de diámetro en una matriz de grano grueso constituida por vidrio volcánico, cuarzo y feldespatos.

### **c).- MIEMBRO AYACUCHO 3**

Está constituido por una serie compuesta de areniscas y lodolitas de naturaleza tobácea, que descansa sobre las tobas masivas del miembro Ayacucho 2. Aflora en el sector sur de Ayacucho, en los alrededores de Carmen Alto, donde constituyen una secuencia de areniscas notablemente compactas. Las areniscas Carmen Alto, por su gran compactación, merecen especial atención, ya que son utilizadas como material de construcción en diversas edificaciones de la ciudad de Ayacucho.

### **5.- VOLCANICO MOLINOYOC**

Corresponde a eyecciones de lavas de composición andesítica y basáltica del Plioceno superior. Estas emanaciones son de tipo fisural y se exponen en toda la zona de Ayacucho, mayormente como derrames y a veces como sills o diques.

Estratigráficamente se hallan por encima del miembro 3 de la formación Ayacucho. Las lavas son andesíticas gris verdosas en la base y presentan fracturamiento según los sistemas N 70-80°E y N 20-30°W de buzamiento esencialmente vertical. En la parte superior las lavas son de composición basáltica y tonalidad oscura tal como se observa en los cortes de la carretera Ayacucho – Huanta.

En la parte alta de la secuencia se presenta un basalto escoriaeo con abundantes vacuolas, el mismo que aflora como sombrero en las cumbres de los cerros Campanayoc Atunpampa y Buena Vista, mostrando una posición casi horizontal.

Las lavas, debido a su dureza, han protegido de la erosión, en muchos lugares, a las areniscas y lodolitas de la formación Ayacucho, jugando un papel importante en el desarrollo geomorfológico.

Por encontrarse ubicado por encima del miembro 3 de la formación Ayacucho, se le considera de una edad Terciaria superior.

### **6.- DIATOMITA QUICAPATA**

Se sitúan en el sector sur de la ciudad de Ayacucho, en las inmediaciones del fundo Quicapata abarcando una extensión de 1.1 Km<sup>2</sup> aproximadamente. Litológicamente constituyen una roca de color blanco, de grano muy fino, liviana, compuesta esencialmente de sílice de aspecto friable, suave al tacto y con buena cohesión de sus granos. Estratigráficamente se ubican por encima de los volcánicos Molinoyoc.

### **7.- VOLCANICO ACUCHIMAY**

Es una secuencia piroclástica que se ubica por encima de las diatomitas Quicapata y se exponen claramente en la margen derecha del río Alameda cerca de Ayacucho. Se encuentra a manera de costras constituídas por materiales que han sido lanzados al aire para luego consolidarse a manera de bombas de color rojizo, acumulados cerca de la probable chimenea volcánica en el cerro Acuchimay. Litológicamente son de composición andesítica, color oscuro, textura afanítica, pero algo porosa por las pequeñas vacuolas dejadas por el escape de gases durante su enfriamiento.

## **8.- DEPOSITOS PLEISTOCENICOS**

### **a).- DEPOSITOS CONGLOMERATICOS**

Están representados por conglomerados de considerable grosor depositados en parte como acumulaciones de materiales acarreados por corrientes fluviales en una época de intensas precipitaciones. Estos materiales se depositaron en las márgenes de una antigua laguna y en la actualidad se les observa adosados a las laderas que hoy bordean el sector oeste de la ciudad de Ayacucho. Están constituidos por cantos heterogéneos de formas angulosas a sub angulosas, con tamaños que varían, con tamaños entre 10 y 30 centímetros, provenientes de rocas volcánicas de naturaleza andesítica, riolítica, dacítica y granítica, englobados en una matriz arenosa de grano medio a grueso. En el sector Nor-Oeste de la ciudad de Ayacucho, se les explota como material de construcción.

### **b).- DEPOSITOS LACUSTRES**

En discordancia con los conglomerados anteriores, se encuentra una secuencia de areniscas tobáceas retrabajadas y arcillosas poco diagenizadas, y que constituyen las peniplanicies donde se asienta la ciudad de Ayacucho. En el corte de la quebrada Puracuti alcanzan espesores de 40 a 50 metros, constituidas por arcillas de color rojo a rosáceo, aspecto poroso y con contenido de carbonatos que cementan el depósito.

## **9.- DEPOSITOS RECIENTES**

### **a).- DEPOSITOS COLUVIALES**

Se trata de sedimentos que generalmente se ubican en las partes bajas de laderas de alta pendiente. Están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado, con bloques angulosos de diferente tamaño en una matriz arenosa limosa, acumulados principalmente por acción de la gravedad.

### **b).- DEPOSITOS ALUVIALES**

Están constituidos por arenas y gravas de poco transporte, con clastos subangulosos de tamaño mediano, de naturaleza mayormente volcánica y con grosores estimados entre 20 a 30 metros.. Estos depósitos constituyen los últimos transportes de materiales de una edad reciente, por tanto tienen

poca cohesión y litificación y sin material cementante. Se hallan en el fondo del río Alameda y en las quebradas adyacentes que cruzan la ciudad de Ayacucho.

### **3.2.2.- GEOLOGIA LOCAL**

Este trabajo se ha desarrollado utilizando como información base el Plano topográfico a escala 1:5000 del área de estudio; el cual ha permitido ir delineando en base a las observaciones de campo en sitios tales como cortes de quebradas, afloramientos rocosos, zanjas de cimentación, zanjas de drenaje y trincheras artificiales, el límite de contorno de las formaciones geológicas. Previamente a este trabajo, el Plano topográfico ya contenía en forma expeditiva la información referida a la clasificación SUCS de los suelos encontrados en cada una de las "calicatas" de investigación y "puntos de muestreo de roca"; de manera que ha permitido de una manera fácil y rápida confirmar la información mediante indicadores geológicos de campo y toma de muestras para su estudio y comprobación en gabinete; además de reconocer y complementar la misma en las áreas nuevas de expansión urbanística.

Como resultado del levantamiento geológico de la ciudad de Ayacucho y áreas adyacentes, se pudo determinar que las rocas existentes son de origen sedimentario y volcánico cuyas edades oscilan entre Terciario superior y Cuaternario reciente.

Las unidades litológicas, de la más antigua a la más reciente, se distribuyen en el área de estudio tal como se presenta en el **PLANO N°02**, de acuerdo a la descripción siguiente:

#### **1.- TOBAS VOLCANICAS**

Corresponden al miembro N°2 de la formación Ayacucho, y se caracterizan por tener aspecto masivo, color rosado, composición riolítica a dacítica, textura porfirítica y buena compactación.

Se evidencian a manera de una franja longitudinal de sur a norte y ocupan la parte intermedia a alta de las laderas del cerro La Picota y prolongaciones, hacia el este de la ciudad.

#### **2.- ARENISCAS TOBACEAS**

Pertencen al miembro N°3 de la formación Ayacucho, y se caracterizan por presentarse estratificadas, de color gris, granulometría fina a media y con una compactación variable de muy buena a regular.

Se ubican por encima de las tobas del miembro N°2 y sirven de basamento a las rocas volcánicas y depósitos de edad más reciente. Sus mayores exposiciones están en Carmen Alto, en un amplio sector comprendido entre la quebrada Ñahuinpuquio y río Huatatas y en las laderas de los cauces de los ríos Alameda y Huatatas, sirviendo de base a la delgada capa de piroclásticos que cubre la terraza del aeropuerto.

#### **3.- LAVAS Y PIROCLASTICOS**

Corresponden a los volcánicos Molinoyoc, y se caracterizan por tener composición andesita a basáltica. Hacia la base se disponen como masas aglomeráticas con pseudoestratificación casi

horizontal y composición mas andesítica; y hacia la parte alta una secuencia de basaltos escoriales con abundantes vacuolas por escape de gases.

Presentan alta dureza y resistencia, sin embargo se hallan fracturados, según sistemas N 70°-80°E y N 20°-30°W con buzamientos cercanos a la vertical.

Sus mayores afloramientos están en la amplia plataforma del aeropuerto, en la base del cerro Acuchimay, y se observan claramente en los cortes de la avenida Mariscal Castilla, en los taludes de la vía de evitamiento y cauce de la quebrada Ñahuinpuquio en su desembocadura en el río Alameda.

#### **4.- DIATOMITAS**

Afloran en las cercanías de fundo de Quicapata, abarcando una extensión aproximada de 1.3 Km. de largo por 0.8 Km. de ancho.

Litológicamente constituyen una roca de color blanco, grano muy fino, bajo peso específico, compuesta esencialmente por sílice friable, suave al tacto y buena cohesión.

Se hallan sobre el volcánico Molinoyoc y están cubiertas parcialmente por una delgada costra del volcánico Acuchimay.

#### **5.- PIROCLASTICOS TERCIARIOS – CUATERNARIOS**

Pertencientes al volcánico Acuchimay, que están conformados por material que ha sido lanzado al aire para luego consolidarse a manera de bombas de color rojizo, acumulados cerca de la chimenea volcánica del cerro Acuchimay. Se caracterizan por ser de composición andesítica a basáltica, textura afanítica algo porosa y tener buena compactación.

Se hallan confinados a la cúpula y media ladera del cerro Acuchimay, llegando a cubrir parcialmente algunos sectores de la diatomita Quicapata.

#### **6.- DEPOSITOS PLEISTOCENICOS**

Corresponden a acumulaciones de material que se dieron a principios del Cuaternario, teniendo un origen esencialmente lacustre. Son de los siguientes tipos:

a).- Conglomerados de considerable espesor, acumulados por corrientes fluviales en una época de intensas precipitaciones, constituidos por fragmentos heterogéneos de forma angular a sub angular y tamaño variable de hasta 30 cms., de composición andesítica-riolítica, englobados en una matriz arenosa de grano medio a grueso.

Sus mayores exposiciones se dan en la parte media a baja de la ladera del cerro La Picota y de los cerros ubicados al Este de Mollepata, mostrándose en toda su magnitud en los corte de las quebradas que los bifurcan, tal es así que en algunas de ellas se le explota mediante canteras como material de construcción.

Estos conglomerados se diferencian de los recientes, por que tienen una gran potencia y un mayor grado de compactación.

b).- Areniscas arcillosas y carbonatadas, que se ubican por encima de los conglomerados y se caracterizan por tener grano fino, color rosáceo, dispuestas en capas con rumbo promedio de N 20°W

y buzamiento de 10-15°NE. La secuencia de areniscas varía, por sectores, a horizontes de arcilla rojiza.

En su mayoría presentan buena compactación, sobre todo en horizontes donde se incrementa el contenido de carbonatos. En el corte de la quebrada Puracuti se puede observar espesores de hasta 40 metros.

Se exponen ampliamente en toda el área de Mollepata y en la peniplanicie donde se asienta la ciudad de Ayacucho.

## **7.- DEPOSITOS RECIENTES**

Constituyen los últimos transportes de materiales de una edad reciente y se caracterizan por su escasa cohesión y ausencia de litificación y cementación de sus componentes. Se dividen en los siguientes:

a).- Coluviales, que son acumulaciones de material detrítico que generalmente se ubican al pié de laderas de alta pendiente y también cubriendo en forma parcial, a manera de una delgada capa superficial, a la mayoría de rocas de la zona de estudio.

Está compuesto por material inconsolidado con bloques angulosos de diferente tamaño, en una matriz areno-limosa, acumulados principalmente por acción de la gravedad.

b).- Aluviales y Fluviales, que se refiere al material acarreado por torrentes de agua en un cauce definido o a lo largo de laderas inclinadas. Se hallan acumulados en el fondo de ríos y quebradas y también como producto del relleno de antiguas depresiones.

Están constituidos por arenas y gravas inconsolidadas con clastos subangulosos, de naturaleza mayormente volcánica.

Los principales lugares donde se exponen con espesores variables son , el centro de la ciudad de Ayacucho, el suelo de cimentación de las lagunas de estabilización de Totorilla, y en fondo de los ríos Alameda, Huatatas y quebradas subsecuentes.

### **3.2.3.- GEOMORFOLOGIA LOCAL**

El área de estudio de la ciudad de Ayacucho, corresponde a nivel regional a la unidad geomorfológica denominada Penillanura Disectada y a nivel local en unidades que se encuentran en función de las características predominantes de cada ubicación específica. En el área en estudio se encuentran en mayor proporción los depósitos sedimentarios de la formación Ayacucho y los depósitos aluviales recientes del Cuaternario y se encuentran en menor proporción depósitos volcánicos de la formación Molinoyoc que suprayacen a depósitos sedimentarios de la formación Ayacucho.

El área del distrito de Ayacucho y el límite con los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto se encuentra disectada por el curso principal del río Alameda; que cruza prácticamente por el centro y a lo largo de la ciudad de Ayacucho. Al río Alameda se van integrando a lo largo de su recorrido diversas quebradas afluentes, de entre las cuales destacan por su magnitud: quebrada Huascaura, quebrada Chaquihuaycco, quebrada Accohuaycco y otras menores que tienen su origen en las laderas del cerro denominado "La Picota"; el cual resulta ser un agente de erosión importante por la

presencia de cobertura coluvio-aluvial fácilmente erosionable ante la presencia de precipitaciones líquidas intensas.

La presencia del sistema de quebradas antes mencionado, ha originado la existencia de una cobertura de depósitos aluviales de potencia variable según el área de que se trate. La potencia del aluvial es mayor en el casco urbano de la ciudad de Ayacucho y es menor sobre las laderas de pendiente baja a pronunciada que se ubican sobre ambas márgenes del valle del río Alameda. Estos depósitos aluviales se encuentran sobreyaciendo básicamente a depósitos de origen sedimentario de la formación Ayacucho y su compacidad va desde suelta en las laderas hasta medianamente compactas en las zonas planas. Los procesos erosivos más intensos se presentan fundamentalmente en las áreas cubiertas por depósitos aluviales.

De acuerdo a la información presentada en el **PLANO N° 03**, en la ciudad de Ayacucho y áreas circundantes, se pueden diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas:

## **1.- UNIDAD DE LADERAS**

### **a).- LADERAS DE PENDIENTE SUAVE**

Esta sub unidad comprende a aquellas áreas que tienen forma de abanico, amplia extensión y baja inclinación, y que corresponden a las partes bajas donde asienta la ciudad de Ayacucho y la mayoría de nuevas expansiones urbanas, como la de Mollepata por ejemplo.

Se extiende desde la cota aproximada de 2,730 m.s.n.m. hacia el este en el límite con el río Huatatas, hasta la cota promedio de 2,900 m.s.n.m. que corresponde a las partes bajas de las laderas de los cerros que circundan a la ciudad, predominantemente hacia el oeste y sur de la misma.

Desde el punto de vista urbanístico, esta sub unidad geomorfológica es importante por que , debido a sus grandes extensiones, ha permitido el crecimiento de la ciudad de Ayacucho.

### **b).- LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA**

Esta sub unidad se extiende desde la cota promedio 2,900 hasta los vértices de los cerros que rodean la ciudad, cuya altitud varía de 3,450 hasta 3,700 m.s.n.m.

El relieve de esta sub unidad es bastante irregular, especialmente la zona ubicada al oeste de la ciudad, donde se halla bisectada por una serie de quebradas. La pendiente de las laderas altas es variable de 25 a 75°, siendo en algunos tramos cercana a la vertical, especialmente las partes mas elevadas. Las pendientes mas pronunciadas generalmente corresponden a afloramientos de tobas rosadas competentes (Miembro 2 Formación Ayacucho), mientras que los taludes menos abruptos corresponden a material suelto de cobertera.

Las laderas de fuerte pendiente que ofrece esta sub unidad, no son convenientes para asentamientos urbanos, sin embargo algunos de ellos se ubican sobre ellas, especialmente en las laderas del cerro La Picota, con los riesgos que traen consigo.

## **2.- UNIDAD DE RIOS Y/O QUEBRADAS**

Las laderas de pendiente suave y pronunciadas, descritas anteriormente, se hallan bisectadas por los ríos Alameda y Huatatas y una serie de quebradas, como las de Ñahuinpuquio y Puracuti, por nombrar a las más importantes.

Las quebradas que merecen atención especial, son las que cortan el cerro La Picota, que nacen en las partes altas y descienden aproximadamente hasta la cota 2,700 y se pierden prácticamente dentro del medio urbano de la ciudad de Ayacucho, depositando, sobre ella, material de arrastre en época de lluvias. Estas quebradas son en número de 9 y drenan del cerro La Picota hacia la ciudad, con un sistema sub paralelo de dirección oeste-este, cauce angosto, profundidad variable desde unos pocos metros hasta 40 metros, taludes laterales con alto grado de inclinación y con una pendiente de fondo que oscila entre 10 y 30°.

### **3.2.4.- VULCANISMO Y SISMICIDAD**

#### **1.- VULCANISMO**

El magmatismo y vulcanismo activo se produjo en el área de estudio hace aproximadamente 12 millones de años (Era Terciaria-Cuaternaria) , dando lugar a las rocas volcánicas y piroclásticas que existen en relativa abundancia, quedando como testigo el posible cono volcánico del cerro Acuchimay. Actualmente no hay evidencias de vulcanismo activo, por lo tanto este fenómeno no tiene incidencia en la evolución geomorfológica reciente de la ciudad de Ayacucho y tampoco representa ningún peligro o amenaza para su seguridad física.

#### **2.- SISMICIDAD**

Los sismos que ocurren en la ciudad de Ayacucho son debido a las siguientes fuentes:

a).- A los mecanismos de subducción y otros procesos tectónicos que caracterizan al Perú como un país de alta sismicidad, con eventos sísmicos en la zona de subducción de la Costa, sismos superficiales asociados a fallas poco profundas en la zona andina y los sismos a gran profundidad que ocurren en la región oriental.

b).- Los sismos en su mayoría son Tectónicos. Según la Carta Sísmica (Atlas Histórico-Geográfico y de Paisajes Peruanos), en Ayacucho en 50 años de sismos (1913 a 1963), de 18 sismos ocurridos, nueve fueron de profundidad menor a 60 Km. y nueve de profundidad mayor a 60 Km.

#### **a).- HISTORIA SISMICA**

Para efectos de analizar la historia sísmica del área de Ayacucho es necesario subdividirla en dos periodos claramente marcados por la Magnitud e Intensidad de los sismos ocurridos: Un primer periodo entre 1586 a 1980 y un segundo a partir de 1980.

Muchos de los sismos ocurridos en el primer Periodo se han generado lejos del área de estudio, pero por su naturaleza de ser destructores, con magnitudes hasta de 8.4 (Ms), sus ondas han llegado a la ciudad de Ayacucho, alcanzando en esta una Intensidad de IV MM. A continuación se detallan los grandes eventos sísmicos que se han producido en el territorio peruano y que han afectado al área de estudio entre 1586 a 1980:

- 28-01-1687 : Terremoto de Magnitud 8.2, que sacudió la villa de Huancavelica y gran parte de la comarca. Las provincias de Huanta y Angaraes quedaron assoladas.
- 17-06-1719 : Sacudimiento de tierra que en Huamanga tuvo el carácter de destructor.
- 08-02-1916: Sismo de foco cordillerano que fue sentido en un área de 120,000 Km<sup>2</sup> y afectó varios pueblos de la provincia de Fajardo, Huamanga, Huanta, del Departamento de Ayacucho y Angaraes en Huancavelica. El pueblo de Julcamarca sufrió averías en sus construcciones.
- 24-08-1942 : Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, su intensidad máxima fue de IX MM. Sentido con una intensidad III – IV MM, en un área elíptica de 408,000 Km<sup>2</sup> en la que se encuentra al Norte Huaraz, al NorEste de Cerro de Pasco y Oxapampa, Este de Cuzco y al Sur Moquegua; en Ayacucho alcanzó la intensidad de IV MM.
- 01-11-1947 : Terremoto en la Zona Central del Perú, el movimiento tuvo un área de percepción aproximada de 1'300,000 Km<sup>2</sup> abarcando casi todo el territorio peruano. En la zona de Ayacucho alcanzó la intensidad de V MM.
- 24-12-1959 : Sismo destructor en el departamento de Ayacucho, hubo destrucción de viviendas en los poblados de Mayobamba, Pomabamba Huahuapuquio y otros caseríos ubicados en las escarpadas laderas del río Pampas. Sismo sentido en la ciudad de Ayacucho y pueblos vecinos.

Hasta Mayo de 1980 la zona entre Huancayo y Cuzco tuvo una baja actividad sísmica, que fue alterada primero por el sismo del 3 de Junio de 1980, cuyo epicentro fue ubicado cerca de las localidades de Mollepata y Limatambo, en el departamento de Cuzco. El sismo tuvo una magnitud de 4.9 Mb, alcanzando una intensidad máxima en el epicentro de 6 MSK.

El 16 de Agosto de 1980, ocurrió el primer sismo sensible en el área de estudio que posteriormente fue afectada por una serie continuada y persistente de sismos cuyo detalle es el siguiente:

FECHA HORA	EPICENTRO	PROFUND.	MAGNIT. LOCAL	LUGAR	PROV. DISTR.	INTENSIDAD MSK
16-08-80 14h 22' 26"	13.0°S 73.7°W	33.0 Km.	5.0	A 70 Km. W de la ciudad de Ayacucho.	Huamanga Ayacucho	V
10-11-80 17h 21' 6"	13.0°S 73.8°W	33.0 Km.	5.3	A 50 Km. E de la ciudad de Ayacucho.	Huamanga Ayacucho	V – VII
19-11-80 18h 33' 58"	13.0°S 73.8°W	33.0 Km.	5.3	A 30 Km. NE de la ciudad de Ayacucho.	Huamanga Ayacucho	IV

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**  
**PROYECTO INDECI-PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

12-11-80 01h 58' 5"	13.0°S 74.0°W	33.0 Km.	5.7	A 30 Km. NE de la ciudad de Ayacucho.	Huamanga Ayacucho	VI – VII
12-11-80 6h 15' 31"	13.0°S 74.0°W	33.0 Km.	5.7	Muy cerca a la Ciudad de Ayacucho.	Huamanga Ayacucho	VI – VII
12-11-80 11h 09' 28"	13.1°S 74.0°W	33.0 Km.	4.5	A 50 Km. de Ayacucho En Chilcas	Huamanga Ayacucho	III
12-11-80 16h 04' 40"	12.9°S 74.2°W	33.0 Km.	4.6	A 40 Km. NE de Orccohuasi.	Huamanga Ayacucho	III
12-11-80 20h 51' 24"	12.9°S 74.1°S	33.0 Km.	4.5	A 50 Km. NE de Pampahuasi.	Huamanga Ayacucho	III
12-11-80 20h 54' 20"	13.0°S 74.0°S	33.0 Km.	4.8	A 50 Km. NE de San Miguel.	La Mar Ayacucho	III
13-11-80 01h 40' 27"	13.1°S 73.0°S	33.0 Km.	4.6	A 50 Km. E de Rumihuasi.	La Mar Ayacucho	III
13-11-80 16h 56' 27"	13.3°S 74.8°S	33.0 Km.	4.6	A 50 Km. SE de Churiac.	Huamanga Ayacucho	III
14-11-80 01h 32' 27"	13.0°S 74.2°S	33.0 Km.	4.0	A 40 Km. N de Huamanquilla.	La Mar Ayacucho	III
16-11-80 14h 56' 20"	13.0°S 74.0°S	33.0 Km.	4.0	A 40 Km. N de Ayacucho.	Huamanga Ayacucho	II - III
11-12-80 16h 25' 33"	13.2°S 74.3°S	33.0 Km.	5.4	A 30 Km. SE de Vinchos.	Huamanga Ayacucho	IV
17-12-80 03h 45' 21"	13.2°S 74.6°S	35.0 Km.	5.0	A 40 Km. N de Chahuapampa.	Huamanga Ayacucho	IV
24-01-81 04h 01' 55"	13.0°S 73.9°S	25.0 Km.	4.8	A 30 Km. NE de Tambo.	La Mar Ayacucho	
05-02-81 08h 01' 55"	12.9°S 74.1°S	33.0 Km.	4.0	A 30 Km. NE de Tambo.	La Mar Ayacucho	IV
16-02-81	13.5°S 74.1°S	25.0 Km.	4.8	A 15 Km. NE de Tambo.	Huamanga Ayacucho	IV
24-03-81 09h 09' 38"	12.9°S 74.3°S	34.0 Km.	4.0	A 25 Km. de Huanta.	Huanta Ayacucho	IV
14-04-81 10h 55' 29"	13.2°S 74.7°S	34.0 Km.	4.6	A 50 Km. SW de Chirlac.	Huamanga Ayacucho	V -VI
17-04-81 19h 32' 33"	13.3°S 74.4°S	9.0 Km.	5.4	A 30 Km. de Mitapasamañan.	Huamanga Ayacucho	V - VI
18-04-81 09h 29 '46"	13.2°S 74.4°S	21.0 Km.	4.6	A 25 Km. SW de Socos.	Huamanga Ayacucho	
	13.2°S 74.5°S	10.0 Km.	4.0	A 50 Km. de	Huamanga	

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**  
**PROYECTO INDECI-PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

21-04-81				Mitapasamañan.	Ayacucho	
----------	--	--	--	----------------	----------	--

A partir del 16 de Agosto de 1980, fecha cuando se produce el sismo de magnitud 5.1 ( Mb), las áreas de los distritos de San José de Ticllas, San Pedro de Cachi, Vinchos y Santo Tomás de Pata, han sufrido una continua y alta actividad sísmica; estos fenómenos son el producto de la fuerte deformación tectónica existente, tal como lo demuestran las estructuras geológicas presentes, como son presencia de fallas y plegamientos de varios kilómetros de longitud que principalmente tienen una alineación SE-NW.

La mayoría de los sismos que se produjeron en el área son superficiales ( Profundidad menor a 30 Km.) y abarca un área de 1,200 Km<sup>2</sup>; siendo la máxima intensidad observada de VI a VII MM.

Regionalmente en los departamentos de Huancavelica y Ayacucho, han ocurrido sismos que van de superficiales ( Profundidad menor a 70 Km. ), hasta intermedios ( Profundidad entre 70 a 300 Km. ) ; hasta una Magnitud mayor a 6.00 (mb).

**b).- PELIGRO SISMICO**

Los sismos destructores ocurridos en el Perú en el período comprendido entre los años 1900 a 1980, han influenciado poco en el área de estudio, a pesar de que todos han tenido una magnitud mayor a 7.5 (Ms); la máxima intensidad registrada en el área por la atenuación de las ondas ha sido de V en la escala de Mercalli – Modificada (MM) como se observa en el cuadro siguiente:

FECHA LUGAR	Ms	INTENSIDAD EN EL EPICENTRO (MM)	PROFUNDIDAD DE FOCO (Km)	INTENSIDAD EN EL AREA DE ESTUDIO (MM)
24-05-1940 LIMA	8.4	IX	-----	IV
24-08-1942 NAZCA	8.2	VIII	42	IV
01-11-1947 SATIPO	7.5	VIII	60	V
17-10-1966 LIMA	7.5	VIII	38	III
31-05-1970 HUARAZ	7.7	VIII	43	II
03-10-1974	7.5	VIII	13	IV

Analizando los movimientos sísmicos ocurridos a partir del 16 de Agosto de 1980 hasta el mes de Abril de 1981, se tiene que se han producido 8 sismos con magnitudes iguales o mayores a 5.0 (magnitud local MI), dichos eventos en el área de estudio han ocasionado destrucción en varios pueblos aledaños y caseríos, donde las máximas intensidades han sido de VI a VII MKS (Escala Internacional de Intensidades).

En el área de estudio no existen registros de acelerografos de larga duración, por lo que se ha efectuado una estimación de las aceleraciones registradas en el área de estudio a partir de la formula siguiente propuesta por Donovan.

$$\text{Log. } 10 a = 2052 + 2731 \text{ MM}$$

De los cálculos respectivos resulta:

<b>INTENSIDAD (MM)</b>	<b>ACELERACIÓN (cm/s<sup>2</sup>)</b>
V	0.372
VI	0.698
VII	1.309

Según el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Fuente :Dr. Jorge E. Alva Hurtado) en el área de estudio se pueden presentar sismos con intensidad hasta de VI en la Escala de Mercalli Modificada (MM).

Según el Mapa de Isoaceleraciones para un 10% de excedencia durante una vida útil de 100 años para el Perú (Fuente :Dr. Jorge E. Alva Hurtado) en el área de estudio se pueden presentar sismos con aceleraciones máximas hasta de 0.35 cm/s<sup>2</sup>.

Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente) el área de estudio se encuentra en la Zona II, de actividad sísmica media y con probabilidad de ocurrencia de sismos de leves a moderados ( VI a VII en la Escala de Mercalli Modificada o MSK).

La información instrumental existente muestra que la actividad sísmica que ocurrió en el área hasta 1980, no alerto significativamente la zona ya que las generaciones carecían de tradición sísmica y por ende, de experiencias mentales en este aspecto, muy por el contrario circulaba la idea de que Ayacucho, era una zona asísmica, estable. Efectivamente, en los decenios posteriores a los años veinte fuera de algunos temblores que pasaron desapercibidos (1959), no se registro eventos de mayor gravedad.

El área de estudio y que puede ser afectada con sismos de VI a VII MM se encuentra ubicada en un área de laderas, valles y altiplanicies de la Cordillera de los Andes. El tipo predominante de construcción desde antaño es de adobe y piedra , de 1 a 2 pisos, que se encuentran generalmente en un regular a pésimo estado de conservación, dado principalmente por la antigüedad. A este factor principal se debe, que la zona ante sismos, que si bien no tienen las características de ser muy destructores, han ocasionado, en la mayor parte de las edificaciones, efectos que van desde grietas pequeñas en los muros, hasta colapso de casas; en particular en aquellas emplazadas en las laderas del cerro "La Picota" en donde las condiciones propias del terreno y suelo de cimentación determinan la mayor amplificación sísmica local que se puede registrar en el área de estudio.

Por el análisis de los daños durante los sismos ocurridos entre los años 1980 a 1981 se determina que la zona más afectada fue el área de laderas empinadas en donde afloran depósitos

conglomeráticos de naturaleza granular e inestables en pendientes fuertes y aún mas durante la ocurrencia de sismos.

Las rocas que existen en la ciudad de Ayacucho y en áreas de expansión urbana, tienen de moderadas a buenas condiciones físico-mecánicas, las cuales, amplifican muy poco las ondas sísmicas, aspecto que favorece a que las viviendas que se construyan sobre ellas no sufran mayores daños. En consecuencia, la ocurrencia de sismos de gran magnitud en la ciudad de Ayacucho es bastante improbable, pero no se puede descartar el riesgo y se deben tomar las precauciones del caso.

Las conclusiones más saltantes referidas a aspectos de Sismicidad en el área de estudio se describen gráficamente en el **PLANO Nº 04**.

### **3.3.- GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.3.1.- EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS**

La recopilación de información existente ha permitido obtener características geomecánicas del suelo de cimentación hasta en una profundidad promedio de 3.0 m., en 176 puntos específicos de investigación de suelos y 06 puntos de investigación de rocas dentro del área de estudio; los cuales se encuentran ubicados en forma dispersa en diversos barrios tal como se presenta en el **PLANO Nº 05**. Los puntos de investigación corresponden básicamente a “calicatas” y “puntos de muestreo de roca” realizada para estudios antecedentes; de los cuales se cuenta con información genérica sobre su ubicación, la cual se presenta en el **ANEXO Nº 01: GEOTECNIA**.

El Programa complementario de exploración de suelos se ha desarrollado en base a 23 puntos de investigación de suelos mediante la apertura de “calicatas” y a 02 puntos de muestreo de roca; que se han ubicado en aquellas zonas en donde aún no se cuenta con información precisa recogida de estudios antecedentes; como es el caso de las nuevas zonas de expansión urbanística, tales como: Pampa Mollepata, Zona del Aeropuerto antiguo y Barrio Miraflores. La ubicación de los puntos de investigación en base a “calicatas” y “puntos de muestreo de roca” realizados para el presente Estudio se presentan en el **PLANO Nº 05** y en el **ANEXO Nº 01**.

La exploración de suelos y rocas no sólo se ha limitado a puntos específicos en donde se haya tenido una “calicata” o “punto de muestreo de roca” sino también, se ha extendido a toda el área de estudio, mediante el uso de un GPS Navegador para dar posición a cortes naturales o artificiales (excavación de zanjas de cimentación, excavación de zanjas para redes de agua y alcantarillado y otros) 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 de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno ha podido ser cubierta mediante la interpolación de la información principal.

En las “calicatas” aperturadas y “puntos de muestreo de roca”, 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 del tipo **Mab** y para el caso de suelos con cohesión de estructura fina se ha extraído muestras inalteradas del tipo **Mib**.

### **3.3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**

Los resultados obtenidos de los Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas para muestras de cada una de las 176 “calicatas “ y 06 “puntos de muestreo de rocas” de Estudios antecedentes y con los que ya se cuenta con información, se presenta en forma de Cuadro Resumen en el **ANEXO N° 01**.

Los resultados obtenidos de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas a las muestras extraídas durante el desarrollo del presente Estudio se presentan en el **ANEXO N° 01**, en donde también se ha incluido la descripción del Perfil estratigráfico (Récord de excavación).

Los parámetros geotécnicos del suelo y rocas de cimentación que se presentan en el **ANEXO N° 01** son los siguientes:

- Clasificación SUCS para cada uno de los estratos del suelo de cimentación.
- Densidad natural húmeda y seca de cada uno de los estratos del suelo de cimentación
- Humedad natural de cada uno de los estratos del suelo de cimentación
- Límites de Atterberg de cada uno de los estratos del suelo de cimentación: Límite Líquido, Límite plástico e Índice de plasticidad.
- Densidad seca mínima de cada uno de los estratos del suelo de cimentación
- Densidad seca máxima de cada uno de los estratos del suelo de cimentación
- Humedad para la densidad seca máxima de cada uno de los estratos del suelo de cimentación.
- Peso específico las partículas sólidas de cada uno de los estratos del suelo de cimentación.
- Calidad geomecánica del macizo rocoso de cimentación mediante el valor del RMR.

A partir de los parámetros 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 y compresibilidad tales como: Consistencia relativa , Índice de liquidez y Coeficiente de compresibilidad con una estimación a la susceptibilidad del suelo ante expansiones y colapsabilidad. Asimismo, para el caso de macizos rocosos se ha determinado su calidad como material de cimentación y estabilidad de sus taludes de corte.

### **3.3.3.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y ROCAS**

Como resultado de las investigaciones de campo y laboratorio, así como trabajos de gabinete con uso de la información topográfica disponible se ha desarrollado una zonificación de clasificación de suelos según SUCS y Rocas para el área de estudio que comprende los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno; que se presenta en el **PLANO N° 06**.

En término promedio el área del distrito de Ayacucho, se encuentra emplazada o asentada preferentemente en suelos y/o rocas desde rígidos hasta medianamente compactos, provenientes de la alteración de los depósitos sedimentarios antiguos y recientes, volcánicos y aluviales de las formaciones terciarias Ayacucho, Molinoyoc y cuaternarias recientes, respectivamente.

Los suelos predominantes en la Pampa de Mollepata, Conchopata, Urbanización Jardín, Canaan y algunos sectores del casco urbano son del tipo ML (Limo de baja plasticidad); en las laderas medias a bajas del cerro "La Picota" los suelos predominantes son del tipo GW-GM (Grava arena limosa bien graduada) de origen sedimentario antiguo; en Yuracc Yuracc, Puca Cruz, Santa Ana y Andamarca los suelos predominantes son del tipo SM (Arena limosa); en el casco urbano concéntrico a la Plaza de Armas de la ciudad y en el campo universitario de la UNSCH los suelos predominantes son del tipo GM (Grava limosa) de origen sedimentario antiguo (Lacustres) y reciente (Aluviales) que se han mezclado en forma errática o en donde los suelos aluviales cubren parcialmente a los suelos lacustres con una potencia no mayor a 3.0 m.; en la Urbanización ENACE y barrios ubicados en la parte baja del cerro "La Picota" al norte de la ciudad los suelos predominantes son del tipo MH (Limo de alta plasticidad) y en las zonas que comprenden el Aeropuerto antiguo y nuevo se presentan rocas basálticas de estructura vacuolar envueltos en una matriz de limo y que tienen una cobertura de arena limosa no mayor a 1.0 m.

En término promedio el área del distrito de Carmen Alto, se encuentra emplazada o asentada preferentemente en suelos y/o rocas desde rígidos hasta medianamente compactos, provenientes de la alteración de rocas de las formaciones terciarias Ayacucho, Molinoyoc y Diatomitas Quicapata.

Los suelos predominantes en los alrededores del reservorio de agua cruda Quicapata son del tipo MH (Limo de alta plasticidad); en el Campo de Tiro y alrededores próximos al embalse Quicapata y parte baja del cerro Campanayoc los suelos predominantes son del tipo ML (Limo de baja plasticidad) y en las zonas que comprenden la parte central del distrito como son Vista Alegre, Quicapata y Carmen Alto se presentan rocas basálticas de estructura vacuolar envueltas en limo y aglomerados volcánicos que tienen una cobertura de arena limosa no mayor a 1.0 m.; encontrándose superficialmente la roca en algunos sectores.

En término promedio el área del distrito de San Juan Bautista, se encuentra emplazada o asentada preferentemente en suelos desde rígidos hasta medianamente compactos, provenientes de la alteración de los depósitos sedimentarios antiguos, volcánicos y aluviales de las formaciones terciarias Ayacucho, Molinoyoc, Acuchimay y cuaternarias recientes, respectivamente.

Los suelos predominantes en Santa Elena, Cooperativa Las Américas, San Melchor y Barrio Miraflores son del tipo ML (Limo de baja plasticidad); en las áreas de expansión urbanística del Barrio Miraflores y hasta el límite extremo donde se ubica el botadero de la ciudad por la carretera hacía

Cuzco los suelos predominantes son del tipo GM (Grava limosa) de origen volcánico; en la media ladera que comprenden la parte concéntrica al pico del cerro Acuchimay y San Juan se presentan aglomerados volcánicos expuestos superficialmente y en el mismo pico del cerro Acuchimay se presentan superficialmente rocas andesíticas a basálticas. En las zonas adyacentes a la margen derecha de la quebrada Chaquihuaycco se encuentran suelos de origen aluvial del tipo GW (Grava arenosa bien graduada)

En término promedio el área del distrito de Jesús de Nazareno, se encuentra emplazada o asentada preferentemente en suelos medianamente compactos, provenientes de la alteración de los depósitos sedimentarios antiguos, sedimentarios recientes y aluviales de las formaciones terciarias Ayacucho, y cuaternarias recientes, respectivamente.

Los suelos predominantes en la mayor parte del distrito son del tipo GM (Grava limosa) de origen sedimentario antiguo y en menor proporción son del tipo SM (Arena limosa); las áreas circundantes al curso del río Alameda desde el barrio de San Sebastián hasta el denominado ovalo de evitamiento y la salida hacía Huanta, conforman una zona que se encuentra asentada sobre aglomerado volcánico. La Planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho se encuentra emplazadas sobre suelos del tipo ML (Limo arenoso) de origen aluvial y lacustre.

### **3.3.4.- CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS**

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

El cálculo de la capacidad portante está basado en el conocimiento que se tiene de las propiedades geomecánicas de las unidades geológicas, suelos y rocas determinadas con base a la información antes descrita y en la interpretación realizada. Los cálculos se efectuarán utilizando las fórmulas de Meyerhof, siguientes:

Para el caso de cimientos corridos :

$$- \quad q_c = C N_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma$$

Para el caso de zapatas cuadradas :

$$- \quad q_c = 1.2 C N_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.4 \gamma_2 B N_\gamma$$

$$- \quad q_{adm} = q_c / FS$$

En donde :

- $q_c$  : Capacidad de carga última del suelo de cimentación
- C : Cohesión del suelo por debajo de la profundidad de cimentación
- $\gamma_1$  : Densidad del suelo por encima de la profundidad de cimentación

- $\gamma_2$  : Densidad del suelo por debajo de la profundidad de cimentación
- $D_f$  : Profundidad de cimentación medida desde el terreno natural
- $B$  : Ancho del cimiento corrido o de la zapata cuadrada
- $N_c, N_q, N_\gamma$  : Factores de carga que dependen del ángulo de fricción interna
- $q_{adm}$  : Capacidad portante del suelo

En la aplicación de la fórmula de Meyerhof , es necesario considerar los siguientes criterios :

a).- Para un suelo con valores de Densidad Relativa mayores o iguales a 70% el tipo de falla del suelo por corte será "general" y los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna real.

b).- Para un suelo con valores de Densidad Relativa menores o iguales a 35% el tipo de falla del suelo por corte será "local" y los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna reducido, calculado mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

-  $F_{i \text{ reducido}} = \text{ArcTang} ( 2/3 \text{ Tang} ( F_{i \text{ real}} ) )$

c).- Para un suelo con valores de Densidad Relativa entre 35% y 70% el tipo de falla del suelo por corte será llamada "intermedia" y los factores de capacidad de carga se determinan mediante una interpolación de aquellos valores calculados por corte "general" y por corte "local".

El cálculo de capacidad de carga admisible o capacidad portante se efectuará para una determinado tipo de edificación promedio urbana que corresponde a una casa-habitación de hasta 03 niveles sobre un área total desde 160 m<sup>2</sup> a 200 m<sup>2</sup> ; que resulta en las actuales condiciones una edificación típica para el común de los pobladores del área urbana de la ciudad de Ayacucho.

Por la altura del edificio y las características geomecánicas típicas del suelo de cimentación de la ciudad de Ayacucho; se determina una profundidad de cimentación de 1.0 m. y dimensión mínima de 1.0 m. para el caso de zapatas cuadradas aisladas y de 0.4 m. a 0.6 m. para el caso de cimientos corridos; aunque en algunos casos por la presencia de roca que aflora en la superficie esta profundidad de cimentación puede adoptar hasta un valor mínimo de 0.60 m. y no menos.

Los parámetros geomecánicos del suelo de cimentación necesarios para la determinación de la capacidad portante y que se encuentran involucrados en la fórmula general de Meyerhof; se refieren al peso volumétrico del suelo de cimentación por debajo y por encima del nivel de cimentación y a los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante tales como el ángulo de fricción interna y la cohesión aparente.

En el **ANEXO N°01** , se presenta un resumen de los parámetros de resistencia máxima al esfuerzo cortante obtenidos por Ensayos de Corte Directo para diversos tipos de suelos y rocas en puntos de investigación ubicados en el área de estudio y sus alrededores; con la finalidad de tener un indicador de los parámetros geomecánicos que intervienen en el cálculo de la capacidad portante.

Tomando en cuenta los valores promedios conservadores de parámetros de resistencia máxima al esfuerzo cortante para suelos y rocas típicos del área de estudio presentados en el **ANEXO N° 01**; es que se ha determinado para cada uno de los puntos de investigación en análisis, valores de resistencia al esfuerzo cortante, debiendo precisar que dichos valores se han tomado de manera conservadora.

Tomando en cuenta los valores de diseño, es que se procede al cálculo de la capacidad portante ; considerando que el tipo de falla será “general”, “local” o “intermedia” en función a su Densidad relativa.

La capacidad de carga admisible por falla al corte o capacidad portante se ha calculado mediante la aplicación de las fórmulas de Meyerhof considerando un factor de seguridad igual a 3 para suelos y 6 para rocas en condiciones estáticas ; para el caso de zapatas aisladas tomando en cuenta un ancho de cimentación igual a 1.0 m.. Los cálculos han sido efectuados para el suelo de cimentación promedio de cada uno de los puntos de investigación y sus resultados se presentan en el **ANEXO N° 01**.

Para el caso particular del suelo de cimentación de las laderas del cerro “La Picota” y el cerro “Acuchimay” se ha desarrollado el cálculo de la capacidad portante tomando en cuenta las inclinaciones críticas de las laderas del cerro y que se presenta en el **ANEXO N° 01**. De los resultados obtenidos se determina que la incidencia de la alta inclinación de las laderas del cerro “La Picota” en la capacidad portante es importante por tratarse de un material granular en estado de compacidad : Medio a Compacto; a diferencia de la baja incidencia que se tiene por las medias inclinaciones del cerro “Acuchimay” por tratarse de un macizo rocoso de buenas condiciones geomecánicas.

Con la finalidad de estimar el asentamiento en el suelo de cimentación desfavorable de Ayacucho que es uno del tipo limoso de alta plasticidad (MH) y en aquellos donde se presente dicho material como matriz predominante (GC,GM,SM,ML) se ha procedido a determinar el asentamiento en una zapata cuadrada para un suelo de estructura fina, cohesiva o limosa, tomando en cuenta la situación más desfavorable dentro del área de estudio que corresponde a tener un suelo de matriz limosa de media a alta plasticidad, en estado preconsolidado.

En el calculo del asentamiento por consolidación en una arcilla o suelo cohesivo preconsolidado se utiliza las fórmulas siguientes:

$$\sigma_o < \sigma_c$$

$$\sigma_o + \Delta\sigma < \sigma_c$$

$$S = [ H C_s / ( 1 + e_o ) ] \text{Log}_{10} [ (\sigma_o + \Delta\sigma) / \sigma_o ]$$

$$\sigma_o < \sigma_c$$

$$\sigma_o + \Delta\sigma > \sigma_c$$

$$S = [ H C_s / ( 1 + e_o ) ] \text{Log}_{10} ( \sigma_c / \sigma_o ) + [ H C_s / ( 1 + e_o ) ] \text{Log}_{10} [ (\sigma_o + \Delta\sigma) / \sigma_c ]$$

$$IPC = \sigma_c - \sigma_o$$

En donde :

- S : Es el asentamiento del estrato de arcilla
- H : Es el espesor del estrato de arcilla o de la zona activa de presiones
- $C_c$  : Es el valor del Coeficiente de compresibilidad en el tramo de la curva virgen; el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación o puede determinarse aproximadamente en suelos normalmente consolidados a partir de la siguiente expresión:  **$C_c = 0.009 (LL-10)$** .
- $C_s$  : Es el valor del Coeficiente de compresibilidad en el tramo de la curva de recompresión; el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación.
- $e_o$  : Es el valor de la relación de vacíos inicial; la cual se determina a partir de la expresión siguiente:  **$e_o = Gs/\gamma_n - 1$** ; en donde Gs es la gravedad específica y  $\gamma_n$  la densidad seca natural
- $\Delta e$  : Es el valor de la relación de vacíos adicional impuesta por las cargas de la estructura
- $\sigma_o$  : Es el valor de la presión inicial de confinamiento antes del asentamiento
- $\Delta \sigma$  : Es el valor de presión adicional impuesta por las cargas de la estructura
- $a_v$  : Es el valor del coeficiente de compresibilidad en  $cm^2/Kg$ ; el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación
- $m_v$  : Módulo de compresibilidad volumétrica del suelo en  $cm^2/kg$
- $\sigma_c$  : Es el valor de la carga de preconsolidación, el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación.
- IPC : Es el incremento de preconsolidación y se considera un valor constante para el estrato de arcilla en análisis

Con la finalidad de obtener los parámetros necesarios para el cálculo del asentamiento en un suelo de estructura cohesiva, se ha recurrido a la información colectada en el presente Estudio, referente a los resultados obtenidos en Ensayos de consolidación unidimensional efectuados a suelos originarios de la misma formación geológica sedimentaria antigua de Ayacucho que se encuentran ubicados en el distrito de San Juan; de manera que representen indicadores de los parámetros requeridos. Los resultados de las pruebas de consolidación se presentan resumidamente en el **ANEXO Nº 01** y de este se desprende que la presión de Preconsolidación para los suelos hasta profundidades no mayores de 5.0 m. de origen terciario de la formación Ayacucho es en promedio de  $1.20 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ ; lo que indica claramente que para profundidades de hasta el orden de 5.0 m. el suelo se encuentra en estado preconsolidado ya que la presión efectiva de tapada hasta ese nivel es de alrededor de  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ . La situación anterior indica que el asentamiento por consolidación en suelos de matriz fina limo-arcillosa del área de interés no es relevante y una capacidad portante entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , no ha de originar asentamiento mayor a 1" en las estructuras de cimentación.

De acuerdo a los valores presentados en el **ANEXO Nº 01** y los indicadores físicos y geomecánicos encontrados para los suelos de cimentación en los puntos de investigación, se desprende que para un suelo promedio típico de estructura cohesiva en el área de estudio se tiene los siguientes parámetros:

- Índice de compresión = 0.150
- Índice de expansión = 0.015
- Densidad natural seca = 1.5 Tn/m<sup>3</sup>
- Densidad natural húmeda = 1.60 Tn/m<sup>3</sup>
- Relación de vacíos = 1.50
- Ancho de la zapata = De 1.4 m. a 1.7 m.
- Presión transmitida al terreno = De 1.0 kg/cm<sup>2</sup> a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>
- Presión inicial de confinamiento = 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>
- Carga de la estructura = 30 Tn.
- Asentamiento total permisible = 2.5 cm.
- Profundidad de cimentación = 1.00 m.

De la aplicación iterativa de las fórmulas antes descritas con los datos anteriores, se obtiene que para una presión actuante no mayor a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> y una profundidad de cimentación de 1.00 m. el asentamiento total no será mayor de 2.50 cm., por lo que la capacidad portante establecida anteriormente para los suelos y rocas del área de estudio es conforme.

Con los valores de capacidad portante obtenidos en cada punto de investigación y ploteados adecuadamente en el Plano Topográfico Base; se ha desarrollado una zonificación de valores de capacidad portante; tomando en cuenta las formaciones geológicas existentes, la zonificación de suelos según SUCS y el criterio ingenieril en cuanto al trazado de curvas de iguales valores de capacidad portante. Este trabajo se ha efectuado para el caso de zapatas cuadradas aisladas cimentadas a una profundidad de 1.0 m. y con una carga máxima de 30 Tn. y cuyo resultado se presenta en el **PLANO N° 07**.

De acuerdo a los resultados presentados tanto en el **PLANO N°06** como en el **PLANO N° 07** se desprende en términos generales, lo siguiente:

- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura fina provenientes de depósitos sedimentarios antiguos y las diatomitas Quicapata; tales como limos de alta a media plasticidad en un estado de compacidad que van desde el medio hasta el compacto los valores de capacidad portante se encuentran entre 1.0 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>.
- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura granular provenientes de depósitos aluviales recientes; tales como gravas-areno-limosas en un estado de compacidad desde el medianamente suelto hasta el medio los valores de capacidad portante se encuentran entre 1.0 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>.
- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura fina a granular provenientes de depósitos sedimentarios antiguos y recientes; tales como limos de baja plasticidad, limos-arenosos, limos-arcillosos, arenas-limosas y gravas-limosas en un estado de compacidad que van desde el medio hasta el compacto los valores de capacidad portante se encuentran entre 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura granular provenientes de depósitos sedimentarios antiguos y volcánico-sedimentarios; tales como gravas-limosas en un estado de compacidad que van desde el medio hasta el compacto los valores de capacidad portante se encuentran entre  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.50 \text{ Kg/cm}^2$ .
- En aquellas zonas donde se presente predominantemente en forma superficial o a profundidades no mayores a 1.0 m. rocas de origen volcánico como es el basalto envuelto en una matriz limosa, brechas y aglomerados volcánicos envueltos en una matriz areno-limosa en un estado de compacidad desde el muy compacto hasta el rígido los valores de capacidad portante son mayores a  $2.50 \text{ Kg/cm}^2$  y en la mayoría de las áreas superan ampliamente los  $4.00 \text{ Kg/cm}^2$ .

De los resultados encontrados se desprende que en términos promedios el valor de la capacidad portante de los suelos del área de estudio es mayor a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , llegando en algunas zonas de afloramiento volcánico a ser superior a  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de Ayacucho se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante está entre  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende la Urbanización ENACE y las laderas medias a altas del cerro "La Picota" en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de Carmen Alto se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante está entre  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende el embalse nuevo y antiguo de agua cruda Quicapata y sus alrededores que limitan con el río Alameda, quebrada ChaquiHuaycco y parte baja del cerro Campanayocco, en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de San Juan Bautista se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante es  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende Cooperativa Ciudad de las Américas, Santa Elena y San Melchor hasta el límite con el río Huatatas y quebrada ChaquiHuaycco en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$ . En el barrio de Miraflores y sus zonas de expansión urbanística los suelos tienen una capacidad portante entre  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de Jesús de Nazareno se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante está entre  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende el valle del río Alameda hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ . También existen zonas con afloramiento de brechas volcánicas en donde la capacidad portante es  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **3.3.5.- CONTENIDO DE SALES TOTALES Y SULFATOS DE LOS SUELOS**

El contenido de sales totales y sulfatos disueltos en los suelos de la Ciudad de Ayacucho se ha estimado tomando en cuenta resultados de Laboratorio efectuados a muestras de suelos extraídas en

las “calicatas” de Estudios antecedentes. La información colectada se presenta en el **ANEXO N° 01** y partir de esta se ha podido plasmar el **PLANO N° 08**.

De la información colectada y presentada en el **PLANO N° 08**, se desprende que los suelos del área de Estudio tienen un contenido de sales bajo y que no ocasiona ataque de manera perjudicial al concreto siendo suficiente utilizar Cemento Portland Tipo I para la construcción 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 y no existe nivel freático ni flujo de aguas subterráneas en el subsuelo del área de estudio.

### **3.3.6.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA**

Con los resultados encontrados en los items anteriores es que se ha elaborado la zonificación geotécnica para el área de Estudio que comprende la presencia de hasta 10 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas; lo cual se presenta en el **PLANO N° 09** de acuerdo a la descripción siguiente:

**SUELO TIPO I :** Se trata de una roca del tipo aglomerado volcánico, andesita Acuchimay y basalto de estructura vacuolar envuelta en una matriz de limo arenoso de baja plasticidad, ubicada sobre terrenos de pendiente desde muy suave a fuerte ( 0° a 60°) con muy buena capacidad portante ( Mayor a 4.0 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, poco erosionable por acción hídrica, no agresivo al concreto y de baja amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en las áreas de los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto. En el distrito de Ayacucho ocupan mayormente la planicie del Aeropuerto antiguo y nuevo, y en menor proporción las escarpas del río Alameda desde el denominado ovalo evitamiento hasta la salida hacia Huanta.

**SUELO TIPO II :** Se trata de una Grava limosa formada por la mezcla de piedras angulosas de origen volcánico y limo-arenoso de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente desde muy suave a suave ( 0° a 10°) con muy buena capacidad portante ( 2.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, poco erosionable por acción hídrica, no agresivo al concreto y de baja amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de San Juan Bautista en el Barrio Miraflores y sus zonas de expansión urbanística.

**SUELOS TIPO III :** Grava limo arenosa formada por la mezcla de piedras subredondeadas de origen sedimentario antiguo y reciente y limo arenosos de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave ( 0° a 5°) con buena capacidad portante ( 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>), poco estable en laderas muy inclinadas, media a alta erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en el casco urbano y zona norte y en el distrito de Jesús de Nazareno en su parte central.

**SUELOS TIPO IV :** Limo inorgánico de baja a alta plasticidad de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad de origen lacustrino muy consolidado sobre terrenos de pendiente desde muy suave a suave ( 0° a 10°) con regular a buena capacidad portante ( 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, media erosionabilidad por acción hídrica, no

agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en la Pampa de Mollepata , Urbanización ENACE, Conchopata, Urbanización Jardín y Cannan, en el distrito de San Juan Bautista en Cooperativa Ciudad de las Américas, Santa Elena y San Melchor y en el distrito de Carmen Alto en los alrededores de la parte sur de la Cantera de Diatómita Quicapata.

**SUELOS TIPO V :** Arena limosa formada por alteración de tobas, de compacidad media a densa, sobre terrenos de pendiente desde muy suave a media ( 0° a 15°) con buena capacidad portante (1.50 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, media a alta erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en Barrios Altos, Yuracc Yuracc, Puca Cruz, Santa Ana y Andamarca, y en el distrito de Jesús de Nazareno en la parte sur limítrofe con el río Alameda.

**SUELOS TIPO VI :** Limo inorgánico de baja plasticidad de consistencia firme formada por alteración de tobas sobre terrenos de pendiente moderada (15° a 30°), con regular a buena capacidad portante (1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, media erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente a lo largo del valle del río Alameda entre el denominado Ovalo evitamiento hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas.

**SUELOS TIPO VII :** Grava areno limosa bien graduada de origen aluvial y/o fluvial, de compacidad suelta a media sobre terrenos de pendiente muy suave ( 0° a 5°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>), inestable en laderas muy inclinadas, alta erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de alta amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente a lo largo del cauce y áreas adyacentes del río Alameda entre el denominado Ovalo evitamiento hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de Ayacucho y en el cauce y áreas adyacentes de la quebrada Chaquihuaycco, desde su parte alta hasta su ingreso a la Cooperativa Ciudad de las Américas en el distrito de San Juan Bautista.

**SUELOS TIPO VIII :** Grava areno limosa bien graduada de origen sedimentario antiguo (conglomerado pleistocénico) de compacidad media a densa, sobre terrenos de pendiente moderada ( 15° a 30°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>), inestable en laderas muy inclinadas, alta erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de alta amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho a lo largo de las laderas medias a altas del cerro "La Picota" desde el extremo norte cerca de la Urbanización ENACE hasta el extremo sur cerca al Barrio de Santa Ana.

**SUELOS TIPO IX :** Limo inorgánico de alta plasticidad , baja densidad y peso específico, susceptible a cambios de volumen por variación en el contenido de humedad, media compresibilidad, emplazado sobre la Cantera de diatomita Quicapata de pendiente muy suave a suave ( 0° a 10°) con baja capacidad portante (1.00 Kg/cm<sup>2</sup>), inestable en laderas muy inclinadas, alta erosionabilidad y variación de volumen por acción hídrica, no agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran únicamente en el área de emplazamiento de la Cantera de Diatomita Quicapata ubicada en la zona Sur del distrito de Carmen Alto

**SUELOS TIPO X** : Limo inorgánico de baja plasticidad de origen sedimentario reciente, sobre terrenos de pendiente muy suave ( 0° a 5°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>), inestable en laderas muy inclinadas, alta erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran únicamente en el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho en el distrito de Jesús de Nazareno.

En todos los tipos de suelos antes descritos, a excepción de aquellos que se ubican en cursos de agua claramente definidos, no se ha detectado la presencia de nivel freático; el cual, se ha de encontrar lo suficientemente profundo como para incidir negativamente en las propiedades geomecánicas de los suelos y ocasionar pérdida de resistencia mecánica por el efecto de lixiviación.

### **3.4.- HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.4.1.- GENERALIDADES**

Para el desarrollo de la Hidrología del área de estudio, se ha utilizado la metodología siguiente:

- Inspección de campo y entrevistas testimoniales para establecer los antecedentes del problema relacionados a ocurrencia de fenómenos de origen climático y su evolución; con el objeto de definir las subcuencas afectados por las avenidas y transporte de sedimentos, así como los puntos críticos de inundación.
- Definición de la red de drenaje y caracterización de las subcuencas dentro del área urbana de la ciudad de Ayacucho, en base a la cartografía obtenida.
- Análisis de la información existente: cartografía y análisis de datos pluviométricos de la zona urbana de la ciudad de Ayacucho.

Se ha utilizado los datos de la estación Pampa del Arco de la Provincia de Huamanga que presenta un registro de precipitaciones máximas mensuales en 24 horas, correspondiente al periodo 1962 – 2000. Se ha procedido a ajustar la serie histórica de datos a la distribución Gumbel, mediante las pruebas de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov.

- Para el desarrollo de los cálculos correspondientes a la obtención de los hidrogramas de máximas avenidas en cada una de las subcuencas consideradas, se ha desarrollado el siguiente procedimiento:

a).- Mediante la metodología propuesta por el Convenio de Cooperación Técnica: IILA – SENAMHI – UNI, se ha procedido a construir las curvas IDF para duraciones menores a tres horas y comprendidas entre 3 y 24 horas utilizando la ecuación de Talbot, mediante un ajuste de mínimos cuadrados, para periodos de retorno de 10, 20, 30, 50, 70 y 100 años.

b).- Elaboración de gráficas de Precipitaciones de diseño para duraciones comprendidas entre 3 y 24 horas y menores de 3 horas, utilizando las ecuaciones planteadas por el IILA – SENAMHI – UNI, para periodos de retorno de 10, 20, 30, 50, 70 y 100 años.

c).- Elaboración del Hietograma de tormenta de diseño para un periodo de retorno de 50 y 100 años, mediante el método de bloques alternados.

d).- La metodología para el estudio de hidrología de avenidas de la cuenca urbana de la ciudad de Ayacucho está fundamentada en el uso de un modelo determinístico- conceptual para la conversión de precipitación en escurrimiento, usando el modelo HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, 2000), el mismo que servirá para obtener los hidrogramas de máximas avenidas. Para el caso de análisis se consideró un periodo de retorno de diseño de 100 años. Considerando para la transformación precipitación – escorrentía, lo siguiente:

Tasas de Pérdidas: - Método Perdida inicial - Tasa constante.

La conversión de precipitación a escurrimiento se efectuó mediante: Método Hidrograma unitario del SCS. Se hizo uso del Hietograma de diseño encontrado en el ítem c).- para todas las subcuencas analizadas.

- Ubicación de puntos de inundación en los principales torrentes de la ciudad de Ayacucho, según entrevistas a los lugareños.

- Estimación del caudal sólido:

A partir de la caracterización de las cuencas y de los cauces se estimará, por métodos indirectos, la producción y acarreo de sedimentos y materiales que podrían generar, potencialmente, flujos de lodo y escombros con alto poder destructivo.

### **3.4.2.- DESCRIPCION DE TORRENTERAS**

Las torrenteras que cruzan la ciudad de Ayacucho, se encuentran ubicadas en la margen izquierda y en la margen derecha del río Alameda; al cual son afluentes. En el **PLANO Nº 10** se presenta la ubicación de las torrenteras mas importantes; de acuerdo a la descripción siguiente:

#### **1.- AQOHUAYQO.**

Esta torrentera se ubica al NO de la ciudad de Ayacucho, su dirección aproximada es de NO hacia NE, pasando por el canal Javier Pérez de Cuellar y desemboca finalmente en la Quebrada Puracuti, en su recorrido recibe agua cargada de sedimentos que aporta el Cerro la Picota, y los barrios de: Sr. De la Picota, Pisco Tambo, Los Pinos, Wari Aqopampa, Asociaciones: Villa Esperanza, Jesús Nazareno, Santa Teresita, Los Olivos, Las Dunas, El Arco y AA HH 11 de Junio.

Esta Quebrada ha sido encauzada con un canal de concreto cubierto en una longitud de 200 m en el tramo de la carretera Vía Libertadores, este canal termina en la confluencia de esta carretera con las Av. Independencia y Pérez de Cuellar, a partir de esta sección se ha ejecutado la excavación hasta la Quebrada Puracuti y tiene excavaciones hasta de diez (10) m de profundidad.

#### **2.- YANAQAQA.**

Esta torrentera se origina de 3 quebradas de la parte alta del Cerro la Picota, presenta una dirección aproximada de NO hacia NE hasta el cruce con Prolongación Libertad y a partir de este punto sigue una dirección NO hacia SO hasta su desembocadura final en el Río Alameda a 200 metros del Puente San Sebastián.

#### **3.- SAN MARTÍN.**

Se origina en la parte alta del Cerro Buena Vista, parte del agua escurre superficialmente por la cuneta de la vía Libertadores y otra parte importante drena hacia la parte baja, pasando por el centro de la ciudad, creando siempre problemas de colmatación de sedimentos en la segunda cuadra del Jr. 28 de Julio, entre los Jrs. San Martín y Carlos F. Vivanco. Su recorrido es de NO hacia SO hasta su desembocadura final en el Río Alameda a la altura del Jr. Pizarro.

#### **4.- AQOPAMPA.**

Nace de la Quebrada llamada Río Seco en el Cerro Buena Vista y va hacia aguas abajo en dirección NO hacia SO hasta que se une con la Quebrada Piladucho a la altura de La Unión. Finalmente desemboca en el Río Alameda.

#### **5.- PILACUCHO.**

Quebrada de menor importancia que nace en la Carretera Libertadores Wari, y bordea el Barrio Pilacucho hasta su encuentro final con la Quebrada Aqopampa en la Unión. La dirección de esta quebrada es de NO hacia SO. Finalmente desemboca en el Río Alameda.

#### **6.- ISLACHAYOQ.**

Es una quebrada importante que nace del cerro Buena Vista y escurre en dirección NO hacia SO, en su recorrido bordea el Barrio Santa Ana hasta su unión con la Quebrada Islachayoq a la altura del Barrio Puca Cruz. Finalmente desemboca en el Río Alameda.

#### **7.- WANCHITUYOQ.**

Se origina en el cerro del mismo nombre, su dirección es de NO hacia SO, en su recorrido cruza el Barrio Andamarca hasta su desembocadura final 50 metros antes del Parque Alameda, frente a la Av. Carmen Alto.

#### **8.- CHAQUIHUAYQO.**

Es una quebrada que nace del Cerro Yanama, presenta una dirección SO hacia NO, en su recorrido pasa por las Asociación La Victoria de Ayacucho, Cooperativa Ciudad de las Ameritas Sector II, Señor de Arequipa, León Pampa, hasta su desembocadura final en el Río Alameda a la altura del Barrio San Sebastián.

#### **9.- CHUPAS.**

Es una quebrada que nace en la Asociación Wari Sur, su recorrido es de SO hacia NE, en su recorrido cruza la Asociación Los Olivos, hasta su desembocadura en la Quebrada Chaquihuaygo a la altura de la Avenida Santa Rosa.

#### **3.4.3.- ANALISIS DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA**

La información pluviométrica disponible corresponde a datos de precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo 1962 – 1999 recopilados de la estación Hidrometeorológica Pampa del Arco, ubicado al interior de la Ciudad Universitaria UNSCH; la cual se presenta en el **ANEXO Nº 02: HIDROLOGIA.**

El análisis de la información pluviométrica disponible se ha realizado, utilizando las distribución probabilística de Gumbel (Valores Extremos Tipo I), para analizar que distribución teórica se adecua a la distribución empírica de la serie histórica de datos.

En los **CUADROS Nº 01 y Nº 02 del ANEXO Nº 02** se presenta la solución mediante el método de Valores Extremos Tipo I (Gumbel) y la relación entre el periodo de retorno y las máximas precipitaciones ocurridas para 24 horas, respectivamente. También se presentan las **FIGURAS Nº 01 y Nº 02 del ANEXO Nº 02** que muestran las funciones de distribución teórica, empírica y la relación entre el periodo de retorno vs. la precipitación de diseño, respectivamente.

En el Cuadro mostrado a continuación se presenta los resultados obtenidos en la prueba de bondad de ajuste mediante el método de Smirnov Kolmogorov para la distribución Gumbel, para un nivel de significación de 0.05.

#### **AJUSTE DE LA DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA A UNA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA MEDIANTE LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE SMIRNOV KOLMOGOROV.**

Estación	Función de Distribución	Desviación máxima calculada ( $\Delta$ )	Desviación crítica ( $\Delta_0$ )	Ajuste
Pampa del Arco	Gumbel	0.113	0.218	Bueno

Como solo se cuenta con datos de precipitación para 24 horas, entonces se procederá a utilizar las ecuaciones propuestas por el IILA - SENAMHI - UNI, las mismas que presentan ecuaciones matemáticas para duraciones menores a 03 horas y comprendidas entre 03 y 24 horas.

**3.4.4.- HIDROGRAMA DE MAXIMAS AVENIDAS.**

**1.- HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO**

Este hietograma será construido mediante el método del bloque alterno (Chow – 1994), para aplicar dicho método, primero se obtendrá las intensidades máximas presentadas en la región de Ayacucho, mediante las ecuaciones propuestas por el IILA – SENAMHI – UNI para periodos de retorno de 10, 20, 30, 50, 70 y 100 años, cuyas ecuaciones regionales de recurrencia son las siguientes:

- Para duraciones menores a 03 horas:

$$P_t, T_r = \alpha(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1} t$$

$$I_t, T_r = \alpha(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

- Para duraciones comprendidas entre 03 y 24 horas:

$$P_t, T_r = \alpha(1 + K \log T_r) t^n$$

En los **CUADROS Nº 03 y Nº 04 del ANEXO Nº 02** se presentan los resultados obtenidos aplicando la ecuación de Talbot junto con el método de mínimos cuadrados y finalmente la construcción de la Curva IDF (**FIGURA Nº 03 del ANEXO Nº 02**) para un periodo de retorno de 10 años.

En el Cuadro mostrado a continuación se presenta el resumen de las ecuaciones obtenidas mediante las formulas de Talbot para diferentes periodos de retorno para la ciudad de Ayacucho y duraciones menores a 3 horas:

**ECUACIONES PARA LAS CURVAS IDF EN FUNCIÓN DE LAS INTENSIDADES, DURACIÓN  
(MENORES A 03 HORAS) Y TIEMPO DE RETORNO.**

Tr (años)	A	B	Ecuación $i_{\max} = \frac{a}{b + D}$
10	1720.419	55.904	$i_{\max} = \frac{1720.4191}{55.904 + D}$
20	1904.835	55.904	$i_{\max} = \frac{1904.8347}{55.904 + D}$
30	2012.711	55.904	$i_{\max} = \frac{2012.7109}{55.904 + D}$

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**  
**PROYECTO INDECI-PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

50	2148.619	55.904	$i_{\max} = \frac{2148.6189}{55.904 + D}$
70	2238.139	55.904	$i_{\max} = \frac{2238.1392}{55.904 + D}$
100	2333.035	55.904	$i_{\max} = \frac{2333.0345}{55.904 + D}$

D : duración en minutos.

En el Cuadro mostrado a continuación se presenta de igual forma el resumen de las ecuaciones de las curvas IDF, para duraciones comprendidas entre 03 y 24 horas.

**ECUACIONES PARA LAS CURVAS IDF EN FUNCIÓN DE LAS INTENSIDADES, DURACIÓN  
(ENTRE 03 Y 24 HORAS) Y TIEMPO DE RETORNO**

Tr (años)	a	b	Ecuación $i_{\max} = \frac{a}{b + D}$
10	2142.985	85.409	$i_{\max} = \frac{2142.9852}{85.409 + D}$
20	2372.697	85.409	$i_{\max} = \frac{2372.6966}{85.409 + D}$
30	2507.069	85.409	$i_{\max} = \frac{2507.0692}{85.409 + D}$
50	2651.786	85.409	$i_{\max} = \frac{2651.7856}{85.409 + D}$
70	2787.867	85.409	$i_{\max} = \frac{2787.8667}{85.409 + D}$
100	2906.070	85.409	$i_{\max} = \frac{2906.0701}{85.409 + D}$

Las **FIGURAS Nº 04 y Nº 05** del **ANEXO Nº 02** muestran las curvas IDF para la ciudad de Ayacucho para duraciones menores a 03 horas y comprendidas entre 03 y 24 horas dado a partir de las ecuaciones del IILA – SENAMHI – UNI y la fórmula de Talbot.

Para construir el hietograma de diseño, mediante el método de los bloques alternados, se hace uso de las curvas IDF, encontradas para periodos de retorno de 50 y 100 años, considerando un tiempo total de duración de lluvia efectiva de 03 horas, desde las 15:00 horas hasta las 18:00 horas. El hietograma de diseño fue calculado en intervalos de tiempo de 20 minutos, habiendo considerado la fecha del evento máximo el día 12 de Diciembre de 1999 (Evento Extremo). En los **CUADROS Nº 05** y **Nº 06** del **ANEXO Nº 02** se muestran los cálculos mediante el método del bloque alterno para periodos de retorno de 50 y 100 años. También en las **FIGURAS Nº 06** y **Nº07** del **ANEXO N º02** se muestran los gráficos de los hietogramas para periodos de retorno de 50 y 100 años.

## **2.- PRECIPITACION DE DISEÑO**

Del mismo modo haciendo uso de las ecuaciones del IILA – SENAMHI – UNI, se ha procedido a obtener las precipitaciones de diseño para duraciones menores a 03 horas y comprendidas entre 03 y 24 horas. En los **CUADROS Nº 07** y **Nº 08** del **ANEXO Nº 02** se muestra el resumen de cálculo de las precipitaciones de diseño para diferentes duraciones y periodos de retorno y finalmente en las **FIGURAS Nº 08** y **Nº 09** del **ANEXO Nº 02** se muestran los gráficos respectivos.

## **3.- SUBCUENCAS DE INTERES**

Finalmente, se subdivide la cuenca de Ayacucho en 17 subcuencas, cada una de las cuales consideradas por causar problemas en épocas de lluvias (Inundaciones y transporte de sedimentos). En el **PLANO Nº10** se muestra las 17 subcuencas, las mismas que a continuación se describen:

### **SUBCUENCA 01**

Ubicada en la parte alta de la carretera libertadores Wari, drena toda la escorrentía superficial producida en el cerro Buena Vista, y parte del cerro La Picota, pasando parte por el Barrio Alto Perú y Pueblo Libre, esta subcuenca drena parte hacia la cuneta de la vía Libertadores cuya capacidad máxima es de 4.64 m<sup>3</sup>/s. Considerada de importancia por la gran cantidad de sedimentos que transporta en épocas de lluvia. Considerado un peligro latente para los Barrios Alto Perú y Pueblo Libre. El caudal máximo calculado según la Tabla 12 es de 14.60 m<sup>3</sup>/s, claramente se puede notar que la cuneta no soporta este caudal y por lo tanto rebosa, pasando hacia la ciudad el caudal restante.

### **SUBCUENCA 02**

Ubicada en la parte alta de la carretera Libertadores Wari, esta cuenca drena las aguas del cerro La Picota hacia la cuneta de la vía Libertadores Wari cuya capacidad es de 0.60 m<sup>3</sup>/s. Así mismo el recorrido de sus aguas cruza parte del Barrio Pisco Tambo, Asentamiento Humano Los Pinos y Asociación Sr. de la Picota. En su recorrido se halla asentado estos barrios considerándose como de extremo peligro para sus viviendas, además de la gran cantidad de sedimentos que transporta. Según los resultados obtenidos, el caudal que drena esta subcuenca es de 2.90 m<sup>3</sup>/s, el mismo que es superior al caudal de la cuneta y por lo tanto se tendrá un caudal que pasa a la ciudad de Ayacucho.

### **SUBCUENCA 03**

Se encuentra ubicada en la parte alta de la vía Libertadores Wari, drena sus aguas hacia el canal Javier Pérez de Cuellar. En su recorrido cruza por la Asociación Wari Accopampa, Asentamiento Humano 11 de Junio, Asociación Santa Teresa, Asociación el Arco, Asociación Los Olivos, Asociación Santa Teresita, Asociación Villa Esperanza, entre otros. Así mismo esta subcuenca drena las aguas de la quebrada Aqopampa. Finalmente sus aguas son llevadas por el canal Javier Pérez de Cuellar hasta su salida en la quebrada Wichqana.

#### **SUBCUENCA 04**

Esta subcuenca drena las aguas de la Urbanización Enace, Asociación Pampa Hermosa, Madre Covadonga, hacia el Colector UNSCH, cuya capacidad es de 3 m<sup>3</sup>/s. Finalmente las aguas las vierte en la quebrada Wichqana. En esta subcuenca no existen problemas de transporte de sedimentos.

#### **SUBCUENCA 05**

Esta subcuenca se encuentra dentro del área urbana, su recorrido principal es desde la intersección de la Avenida Pérez de Cuellar con la vía Libertadores Wari, pasando por la Avenida Independencia hasta la intersección con el Jr. Quinua, así mismo recibe las aguas que escurren superficialmente por la Avenida 26 de Enero, Asociación Quijano Mendivil, Sector Publico, Asociación Luis Carranza, Los Licenciados, Mariscal Cáceres.

#### **SUBCUENCA 06**

Esta subcuenca drena las aguas a partir del cruce de la vía Libertadores Wari con la Av. 26 de Enero, pasando por el Jr. Libertad, hasta la intersección con el Jr. Manco Cápac. El Jr. Libertad en su recorrido recibe las aguas de la Asociación Sector Educación, Nery García Zarate, Basilio Auqui, Maria Parado de Bellido, 16 de Abril.

#### **SUBCUENCA 07**

Drena las aguas del Jr. Manco Cápac, que vienen desde la intersección del Jr. Huaytara y Jr. Condorcunca hasta el punto de interés (salida), en la intersección del Jr. Manco Cápac, con el Jr. 9 de Diciembre, así mismo recibe las aguas de la subcuenca 06.

#### **SUBCUENCA 08**

Esta subcuenca drena las aguas de la Av. Mariscal Cáceres, desde la intersección del Jr. Huaytara y Jr. Condorcunca hacia el margen derecho, hasta su punto final que se encuentra en la intersección con el colector de la quebrada Yanaqaqa. Así mismo drena las aguas de la subcuenca 06.

#### **SUBCUENCA 09**

Esta subcuenca drena las aguas del Jr. Bellido, desde sus inicios en la vía Libertadores hasta su punto final en la intersección con el Jr. Sol. Forma parte de la subcuenca 06.

#### **SUBCUENCA 10**

Esta subcuenca drena las aguas del Jr. Callao, desde sus incisión en la vía Libertadores Wari, hasta el punto de interés de salida en la Plaza de Armas de Ayacucho.

#### **SUBCUENCA 11**

Esta subcuenca drena las aguas del Jr. Lima, desde sus inicios en la vía Libertadores Wari, pasando por Morro de Arica, Barrios Altos hasta el punto de interés final en la Plaza de Armas de la ciudad de Ayacucho.

#### **SUBCUENCA 12**

Esta subcuenca drena las aguas del Jr. San Martín, así como de la prolongación del mismo nombre, lugar de donde se acarrea gran cantidad de sedimentos, así como de Yuracc Yuracc, Belén, Quinuapata, hasta el punto de interés final en la intersección con el Jr. 28 de Julio.

#### **SUBCUENCA 13**

Esta subcuenca drena las aguas de la quebrada Aqopampa, Pilacucho e Islachayoq hasta su punto final en el Río Alameda a la altura de Arroyo Seco. En su recorrido recibe las aguas que drenan del Barrio Pilacucho, La Unión, Santa Ana.

#### **SUBCUENCA 14**

Esta subcuenca drena las aguas de la quebrada Wanchituyoq, esta quebrada en su recorrido cruza el barrio de Andamarca, hasta su desembocadura final en el Río Alameda, 50 metros aguas arriba del Parque del mismo nombre.

#### **SUBCUENCA 15**

Esta subcuenca drena las aguas de la quebrada Chaquihuayqo, que se inicia en el cerro Yanama, hasta su punto final en el Río Alameda a la altura del Barrio San Sebastián. En su recorrido cruza drena las aguas del Barrio Santa Rosa, Asociación Magisterial, Ñahuinpuquio, 27 de Octubre, Miraflores Alta.

#### **SUBCUENCA 16**

Esta subcuenca drena las aguas de la quebrada Chupas, iniciándose en la Asociación Wari Sur hasta su encuentro con la quebrada Chaquihuayqo a la altura de la Av. Santa Rosa. En su recorrido cruza la Asociación Los Olivos.

#### **SUBCUENCA 17**

Esta subcuenca drena las aguas que se inicia en la Av. Universitaria, al pasar por el Local denominado el Hueco que pertenece al Gobierno Regional, lo inunda hasta una altura equivalente a 05 metros. Luego continúa con su recorrido, llegando a otro punto crítico que se encuentra en la intersección con el Jr. Roma y Jr. J. Heraud, donde se requiere realizar una canalización. En su recorrido cruza el Ovalo de Magdalena y finalmente desemboca en el Río Alameda

#### **4.- HIDROGRAMAS DE AVENIDA DE DISEÑO**

Para el cálculo de los hidrogramas de la avenida de diseño, se hará uso del programa HEC – HMS (USACE – 2001), aplicado para cada una de las subcuencas de interés, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Calculo de las tasas de perdidas:

Para el cálculo de las tasas de perdidas se utiliza el metodo de Perdida Inicial - Tasa Constante desarrollado en el programa HEC - HMS:

- Perdida inicial y tasa constante: Para este método el SCS (Soil Conservación Service – 1986) sugiere que el rango de perdida inicial se encuentre dentro del orden del 10 – 20% de la lluvia total para áreas forestadas y de 0.1 – 0.2 pulgadas para áreas urbanas.

- De igual forma para calcular la tasa de perdida constante, la misma que puede ser considerada como la capacidad de infiltración ultima del suelo. El SCS (1986) clasifico los suelos sobre la base de esta capacidad de infiltración y Skaggs y Khaleel (1982) publicaron estimados de tasas de infiltración para estos suelos.

Transformación de precipitación en escorrentía:

El modelo utilizado para encontrar finalmente el hidrograma de avenidas, será el método del Hidrograma adimensional del Soil Conservación Service, para este método se hace necesario contar con las siguientes ecuaciones de cálculo:

$$U_p = C \frac{A}{T_p}$$

donde:  $U_p$  : caudal (m<sup>3</sup>/s.cm)

A : área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

C : constante de conversión (2.08 en el Sistema Internacional)

$T_p$  : Tiempo de ocurrencia del pico (min)

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

donde:  $\Delta t$  : duración de la lluvia efectiva (min)

$t_{lag}$  : tiempo de retardo (min)

Se considera:  $t_{lag} = 0.6T_c$

donde:  $T_c$  : tiempo de concentración (min)

También se recomienda que el intervalo computacional  $\Delta t$  sea menor que 29% del tiempo de retardo  $t_{lag}$  (HEC – HMS).

Para obtener los hidrogramas de máximas avenidas se ha considerado extender el tiempo de duración de lluvia en dos horas mas, es decir desde las 15:00 horas hasta las 20 horas del día 12 de Diciembre de 1999 (Hietograma de diseño)

Calculo del Flujo Base:

Para la cuenca de Ayacucho, no se considera el caudal de flujo subterráneo.

En los **CUADROS N° 09 y N°10** del **ANEXO N° 02** se muestra en detalle los parámetros principales de las subcuencas, así como los caudales máximos en m<sup>3</sup>/s y la precipitación en exceso en mm., obtenidos por la aplicación del programa HEC – HMS (USACE – 2001)

### **3.4.5.- TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.**

Se ha de calcular el transporte de sedimentos en las subcuencas de interés del 06 al 12, consideradas como de alto transporte de sedimentos. Para el calculo se considera la Formula de Schoklitsch.

$$T_F = 2500S^{3/2} \left( Q - 0.6B \frac{d^{3/2}}{S^{7/6}} \right)$$

Donde:

$T_F$  : Gasto solido total (Kg/s)

d:  $d_{40}$  (el 40% de las partículas tienen un diámetro menor que el  $d_{40}$ ) (m)

S: pendiente (m/m)

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

B: ancho del canal (m)

Los resultados obtenidos se presentan en el **CUADRO N° 11** del **ANEXO N° 02**.

## **CAPITULO IV :**

### **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**

#### **4.1.- MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO – CLIMATICOS**

##### **4.1.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GELOGICO - CLIMATICOS**

Los fenómenos de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Ayacucho se manifiestan en la sub unidad geomorfológica denominada "laderas de pendiente pronunciada" que se ubica entre las cotas 2,900.000 m.s.n.m. a 3,700.000 m.s.n.m. de los cerros circundantes y en especial en el cerro "La Picota".

Los fenómenos de origen geológico-climático que se presentan con mayor frecuencia en el área de estudio son los siguientes:

#### **Deslizamientos recientes**

Se producen en el material suelto de cobertura y en algunos casos dejan al descubierto la roca base de las laderas, ocurren principalmente en taludes de quebradas con pendientes pronunciadas. Son fenómenos muy localizados y no dan lugar a mayores estragos que el de acumular abundante material suelto en el fondo del cauce de las quebradas.

#### **Deslizamientos potenciales**

Todos los cortes, ya sean producidos por quebradas o por carreteras en material suelto de cobertura, sobre todo los que tienen alto grado de inclinación, están sujetos a deslizamientos, o sea que se les puede considerar potencialmente deslizables. Los factores que pueden incrementarlos son: material de baja consistencia, taludes pronunciados, lluvias que producen socavamiento y erosión, viento, etc.

#### **Socavamiento y carcavas**

Originados solamente en época de lluvias, especialmente en taludes constituidos por material de cobertura y en menor grado en rocas de baja a mediana consistencia, sobre todo en las de origen sedimentario como areniscas y conglomerados.

El sucesivo progreso de socavamiento y carcavas producen mayor inestabilidad en los taludes favoreciendo sus deslizamientos y hundimientos, con la consiguiente acumulación de material en el fondo de quebradas y arrastre hacia las partes bajas por acción de torrentes de agua.

#### **Desprendimiento de rocas y derrumbe de suelos**

Tienen lugar en cortes de quebradas con taludes de fuerte inclinación, conformadas por suelos de estructura granular poco consolidada y por rocas de alto grado de fracturamiento capaces de liberar fragmentos de diferente tamaño por acción de la gravedad y otros factores como la lluvia y el viento.

Éste fenómeno tiene carácter localizado sin mayores consecuencias que el de acumular material al pie de taludes, contribuyendo al transporte de sólidos hacia las partes bajas por acción del agua.

En consecuencia, se puede mencionar que los factores que inciden en la actividad de los fenómenos de origen geológico-climático son las condiciones geomecánicas de las rocas y suelos, la pendiente pronunciada de laderas y taludes de quebradas, erosión y transporte del agua y en menor grado, la acción del viento.

Un factor que cabe mencionar es la actividad humana, es la ejecución de cortes en carreteras y la extracción de materiales mediante canteras (quebradas en cerro La Picota), produciendo inestabilidad y remoción de masa detrítica, que en conjunto incrementan los fenómenos de origen geológico-climático.

#### **4.1.2.- EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS**

Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Ayacucho y áreas adyacentes, son por deslizamientos, socavamiento y cárcavas, desprendimiento de rocas y derrumbe de suelos, procesos que se ven favorecidos por una alta pendiente del terreno, baja o pobre consistencia de los materiales y el agua de lluvia en su acción de erosión, transporte y deposición. Especial interés representa la acción de estos procesos en las laderas y quebradas del cerro "La Picota", sobre todo el de socavamiento y cárcavas, por los siguientes aspectos:

- a).- Existencia de cauces de agua con dirección W-E, perpendiculares a la ciudad y que se pierden dentro de ella.
- b).- Existencia de cauces profundos y con laderas empinadas.
- c).- Exposición de material conglomerático y de cobertura, fácilmente erosionable por acción hídrica, acción del viento e inestable ante una sollicitación sísmica.
- d).- Transporte de sedimentos por las corrientes de agua hacia la ciudad y abundante acumulación del mismo en sus calles y arterias principales.
- e).- Remoción de material conglomerático en Canteras de material granular, para ser utilizado en la construcción de obras de ingeniería.

El fracturamiento de la lava volcánica y piroclásticos en el corte del talud de la vía de evitamiento y carretera a Huanta, en su tramo inicial, causan desprendimientos menores de rocas, que pueden verse activados por la ocurrencia de un sismo y en menor grado por el agua de lluvia y viento.

Las pendientes pronunciadas de los ríos Alameda y Huatatas y de las quebradas Puracuti, Ñahuinpuquio y otras, donde se exponen Areniscas Tobáceas (Ayacucho 3), sobre todo cuando baja su consistencia, favorecen al continuo deslizamiento de material que se va acumulando en el fondo de sus cauces y arrastrado pendiente abajo en época de lluvias.

En general los cauces de quebradas representan un alto riesgo para la construcción de viviendas, porque el agua siempre busca su cauce natural para discurrir, sobre todo si se presenta un período de intensas lluvias. En la parte alta del Jr. San Martín, ENACE y otras áreas, se han invadido y rellenado antiguos cauces para construir viviendas, representando un alto riesgo en época de lluvias intensas.

#### **4.1.3.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS**

La zonificación de peligros de origen geológico-climáticos para la ciudad de Ayacucho se presenta en el **PLANO Nº 11**; para el cual se han establecido 04 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

### **Zona de Peligro Bajo**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades geomecánicas adecuadas. Comprende además áreas de pendiente moderada en las cuales las formaciones geológicas son de origen volcánico. En esta zona no ocurren fenómenos geológico-climáticos de gran magnitud por lo que se le considera de un Peligro Bajo.

### **Zona de Peligro Medio**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente moderada y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades geomecánicas adecuadas. En esta zona ocurren pequeños problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en la época de lluvias, por lo que se le considera de un Peligro Medio.

### **Zona Peligrosa**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente fuerte y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades geomecánicas medias. En esta zona ocurren intensos problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en la época de lluvias, pequeños problemas de derrumbes y deslizamientos de suelos activados en época de lluvias y desprendimiento de rocas, agrietamientos y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica; por lo que se le considera Peligrosa.

### **Zona Altamente Peligrosa**

Son aquellas áreas de cárcavas, fondo de cauces de ríos y quebradas, terrenos con pendiente muy fuerte, laderas muy empinadas de ríos y quebradas y relleno de cauces antiguos, cuyas formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades geomecánicas medias. En esta zona ocurren intensos problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en la época de lluvias, intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en época de lluvias y desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica. En esta zona los fenómenos geológico-climáticos son de gran magnitud y amplificados por acción sísmica; por lo que se le considera Altamente Peligrosa.

De acuerdo a la zonificación de peligros geológico-climáticos presentada en el **PLANO Nº 11**, se desprende lo siguiente:

La mayor parte del distrito de Ayacucho y que incluye las áreas de expansión urbanística en la Pampa Mollepatá y Aeropuerto antiguo se encuentran en una Zona de Peligro Bajo a excepción de las nacientes; partes baja, media y alta de las laderas del cerro "La Picota" en una franja que corre prácticamente paralela a las cumbres del cerro de Sur a Norte y en donde el peligro aumenta a Medio, Peligroso y Altamente Peligroso. La zona de mayor peligro son las laderas medias y altas del

cerro “La Picota” desde la parte Norte ubicada al frente de la Urbanización ENACE hasta la parte Sur cerca del Barrio de Santa Ana.

La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye las áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua y áreas adyacentes del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es altamente Peligroso.

La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye las áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua y áreas adyacentes del río Huatatas y quebrada Chaquihuaycco en donde es Altamente Peligroso.

La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Altamente Peligroso. La zona que comprende el valle del río Alameda y el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho es de Peligro Medio.

## **4.2.- MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS**

### **4.2.1.- FENOMENOS DE ORIGEN GEOTECNICO**

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 (Capacidad Portante)**

Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad portante 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 portante de 1.50 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.

#### **Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad**

Se producen en el suelo de cimentación con una alto contenido de humedad natural, un alto Límite Líquido y un alto Índice Plástico. 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.

#### **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 2000 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 1000 ppm la agresividad química del suelo se considera despreciable.

Otros fenómenos de origen geotécnico tales como colapsabilidad de los suelos, licuefacción de los suelos, pérdida de capacidad portante por presencia de nivel freático, 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 diferentes características propias de los suelos de la ciudad de Ayacucho no permiten la ocurrencia de dichos fenómenos.

#### **4.2.2.- EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS**

Los peligros de origen geotécnico de mayor incidencia en la ciudad de Ayacucho y áreas adyacentes, se dan por las razones siguientes:

- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)
- Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad
- Pérdida de resistencia mecánica por lixiviación
- Agresión del suelo al concreto

Para la evaluación de la ocurrencia de los peligros geotécnicos en la ciudad de Ayacucho se ha tomado en cuenta los resultados obtenidos en la Geotecnia del presente Estudio, siendo de especial importancia la zonificación de la Clasificación de suelos y rocas, de la capacidad portante de los suelos, del contenido de sales totales y sulfatos ( $SO_4$ ) y la Zonificación Geotécnica. Con base a dicha información y las restricciones establecidas en el ítem 4.2.1.- se determinan las zonas en el área de estudio con ocurrencia variada de Peligros Geotécnicos.

#### **4.2.3.- ZONIFICACION DE PELIGROS GEOTECNICOS**

La zonificación de peligros de origen geotécnico para la ciudad de Ayacucho se presenta en el **PLANO Nº 12**; para el cual se han establecido 04 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

##### **Zona de Peligro Bajo**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave sin nivel freático, la capacidad portante del terreno es marcadamente mayor a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , no hay variación de volumen por cambios en el contenido de humedad, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es baja y la amplificación de las ondas sísmicas es baja a media. En esta zona no ocurren fenómenos geotécnicos de gran magnitud por lo que se le considera de un Peligro Bajo.

#### **Zona de Peligro Medio**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a moderada sin nivel freático, la capacidad portante del terreno se encuentra entre  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es media y la amplificación de las ondas sísmicas es media a alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de poca magnitud por lo que se le considera de un Peligro Medio.

#### **Zona Peligrosa**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a fuerte sin nivel freático y cauces de ríos, quebradas y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático, la capacidad portante del terreno se encuentra alrededor de  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad en los suelos granulares pero en los suelos finos (MH) este efecto es moderado, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es alta y la amplificación de las ondas sísmicas es alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de media magnitud por lo que se le considera Peligrosa.

#### **Zona Altamente Peligrosa**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente fuerte a muy fuerte sin nivel freático y cauces de ríos, cárcavas, quebradas, laderas muy empinadas de ríos y quebradas, rellenos de cauces antiguos y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático, la capacidad portante del terreno es menor a  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad en los suelos granulares pero en los suelos finos (MH) este efecto es importante, el suelo es agresivo al concreto y hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es muy alta y la amplificación de las ondas sísmicas es muy alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de gran magnitud por lo que se le considera Altamente Peligrosa.

De acuerdo a la zonificación de peligros geotécnicos presentada en el **PLANO Nº 12**, se desprende lo siguiente:

La mayor parte del distrito de Ayacucho y que incluye las áreas de expansión urbanística en la Pampa Mollepata y Aeropuerto antiguo se encuentran en una Zona de Peligro Bajo a excepción de las áreas del fundo agrícola Canaan, área de la Urbanización ENACE y alrededores; nacientes, partes baja, alta y media de las laderas del cerro "La Picota" en una franja que corre prácticamente paralela a las cumbres del cerro de Sur a Norte y en donde el peligro aumenta a Medio y Peligroso. La zona de mayor peligro son las laderas medias y altas del cerro "La Picota" desde la parte Norte ubicada al frente de la Urbanización ENACE hasta la parte Sur cerca del Barrio de Santa Ana.

La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye las áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción del área de la mina de Diatomita Quicapata, los cursos de agua y áreas adyacentes del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es Peligroso.

La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye las áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua y áreas adyacentes del río Huatatas y quebrada Chaquihuaycco en donde es Peligroso.

La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Peligroso. En el valle del río Alameda y el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho el Peligro es Medio.

#### **4.3.- MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS**

##### **4.3.1.- FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO**

En Ayacucho existe la tendencia de subestimar los fenómenos de origen climático que puede afectar a una determinada zona y, por lo general, este aspecto no es considerado durante el proceso de planificación del desarrollo local.

Sin embargo, los eventos trágicos desatados por las lluvias en los últimos años en la ciudad de Ayacucho, han motivado la preocupación tanto del sector gubernamental como de la población en general por incorporar el concepto de peligros como variable indispensable en la formulación y/o redefinición de los planes de ordenamiento local.

El nivel de riesgo hidrológico - conceptualizado como la "probabilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico que exceda un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar y tiempo dados"- se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas, fundamentalmente como consecuencia de la evolución combinada de tres conjuntos de factores:

- Por un lado, el acelerado crecimiento que ha experimentado la población ayacuchana, cuya principal característica es la desproporcionada concentración demográfica urbana en relación a la

población rural, asociada a un proceso de ocupación de terrenos de alta inestabilidad y zonas cercanas a ríos y quebradas, que incluye no solamente las zonas donde se han establecido los sectores de más bajo nivel económico de la población como son en la parte Noreste de la ciudad de Ayacucho: Pueblo Libre, Alto Perú, Barrio Pisco Tambo, Los Pinos, Asociación Sr. de la Picota, Wari Accopampa.

- Por otra parte, la intervención incontrolada de las cuencas altas a través de la deforestación, la construcción de carreteras y la inadecuada utilización de sus suelos, así como la impermeabilización de los suelos en la cuenca urbana, han ocasionado una alteración progresiva del régimen hidrológico, por lo cual se presentan hidrogramas de avenida altos, con el consiguiente transporte excesivo de sedimentos, de la parte noreste hacia el centro de la ciudad, cada vez más recurrentes y de mayor magnitud.
- Un tercer factor es la probabilidad de ocurrencia de lluvias de alta intensidad sobre la cuenca urbana ayacuchana que puedan superar la capacidad de amortiguamiento de la misma, conduciendo por tanto al desbordamiento de la sección hidráulica por el caudal líquido y el transporte de sedimentos.

El primer conjunto citado agrupa los factores de tipo intrínseco que definen la Vulnerabilidad o disposición propia del sistema -en este caso el sistema urbano- a ser dañado, y que depende de la acción humana en el corto o mediano plazo para hacer que las consecuencias de las amenazas hidrometeorológicas sean más o menos graves, mientras que el segundo y tercer conjunto de factores constituyen agentes externos que definen las Amenazas o Peligros, o la potencialidad de ocurrencia de un evento capaz de causar daño al sistema.

La amenaza hidrometeorológica, referida a la ocurrencia de eventos de lluvia destructivos, tiene un carácter incontrolable, pero su componente hidráulico, es decir, la ocurrencia de crecidas destructivas puede ser controlable en el mediano y largo plazo si se aplican técnicas adecuadas de gestión de cuencas hidrográficas y se implementan programas, acciones y obras de corrección de los cauces principales que ingresan a la ciudad.

#### **4.3.2.- EVALUACION DE PELIGROS CLIMATICOS**

La cuenca del río Alameda ha experimentado un acelerado proceso de crecimiento urbano, el cual ha ido asociado a constantes reducciones en su recorrido en lo que respecta a su sección transversal. Por lo que se considera como altamente peligroso, la construcción de viviendas sobre sus riberas.

De acuerdo con los patrones identificados para el crecimiento del área urbana en los últimos años, los sectores de la Asociación Sr. de La Picota, AA. HH. Los Pinos, Barrio Pisco Tambo, Alto Perú, Pueblo Libre, Wari Aqopampa, AA. HH. 11 de Junio, Asociación Santa Teresa, Asociación Maria Magdalena, ubicadas al NO de la ciudad de Ayacucho, constituyen los núcleos de expansión más críticos dentro de la cuenca urbana de la ciudad de Ayacucho.

A pesar de que las mayores tendencias de crecimiento se han presentado históricamente hacia el NO de la ciudad de Ayacucho, la presencia de restricciones físicas limita esa expansión e induce a la ocupación de zonas poco aptas para el desarrollo urbano.

La problemática de la deposición de sedimentos se ha concentrado históricamente en las cuencas del Jr. Lima y Jr. San Martín, donde se han visto afectados fundamentalmente el Centro histórico de la ciudad. En la actualidad es un problema latente, que requiere la pronta ejecución de la construcción del alcantarillado pluvial que permita eliminar los sedimentos producidos en la parte alta de estas cuencas.

Los procesos de cambio en la cobertura del suelo, la ocupación de cauces y planicies de inundación, y la reducción de la capacidad hidráulica de los cauces se pueden identificar como las principales causas del problema de las inundaciones en la cuenca del río Alameda.

La permanente presencia de vientos suaves a medios y una cobertura de suelos de estructura básicamente fina en la ciudad de Ayacucho, origina la presencia de polvo en el ambiente atmosférico que en épocas secas y de vientos intensos ocasiona serias molestias a los pobladores y en algunos casos particulares llega inclusive a producir trastornos del sistema respiratorio y otros.

Con la finalidad de mitigar los peligros de origen climático en la ciudad de Ayacucho, es necesario implementar un plan de mejoramiento de los cauces en las cuencas de la Quebrada Aqohuayqo, Yanaqaqa, Aqopampa, así como la protección y recuperación de sus partes altas, con el fin de reducir el impacto de las inundaciones que se presentan en la actualidad. Valorar, para estas quebradas, el diseño de obras de control de inundaciones.

Finalmente, se hace necesario crear conciencia en cuanto a que el ambiente es un patrimonio de todos y debemos preservarlo no arrojando desperdicios, chatarra, desechos sólidos o cualquier elemento contaminante a los Ríos, Quebradas y así poder legarlo a las generaciones futuras.

La evaluación de peligros climáticos es de carácter subjetivo tomando en cuenta las condiciones del cauce en el sitio inspeccionado, el nivel de daños a ocasionar o pérdidas materiales y humanas, los antecedentes de inundación y los trabajos realizados en orden a controlar las crecientes.

En el **CUADRO Nº 12** del **ANEXO Nº 02** se presenta el resumen de los niveles de peligrosidad encontradas en la ciudad de Ayacucho, tomando en cuenta las quebradas importantes y en el **PLANO Nº 13** las zonas en donde se han ubicado la ocurrencia de los fenómenos climáticos.

#### **4.3.3.- ZONIFICACION DE PELIGROS CLIMATICOS**

En el **PLANO Nº 14** se muestra el Mapa de Peligros Climáticos de la ciudad de Ayacucho correspondiente a estos dos fenómenos: Inundaciones y Transporte de Sedimentos, el cual se divide en 04 sectores según el grado de peligro.

##### **Zona de Peligro Bajo**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente muy suave a moderada. En esta zona las precipitaciones intensas sólo producen inundaciones superficiales repentinas, poco frecuentes y de corta duración en puntos críticos, el flujo de escorrentía es repentino de leve a moderado y el transporte de sedimentos es leve, no existiendo flujos de lodo. No ocurren fenómenos climáticos de gran magnitud por lo que se le considera de un Peligro Bajo.

### **Zona de Peligro Medio**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente moderada. En esta zona las precipitaciones intensas producen inundaciones superficiales a medias repentinas y de corta duración en puntos críticos, el flujo de escorrentía es repentino y moderado y el transporte de sedimentos es moderado, existen algunos flujos de lodo en puntos críticos y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona. Ocurren fenómenos climáticos de magnitud media por lo que se le considera de un Peligro Medio.

### **Zona Peligrosa**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente fuerte. En esta zona las precipitaciones intensas producen inundaciones medias repentinas y de corta duración en puntos críticos, el flujo de escorrentía es repentino e intenso y el transporte de sedimentos es moderado a intenso, existen algunos flujos de lodo en puntos críticos y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona. Ocurren fenómenos climáticos de magnitud media a intensa por lo que se le considera Peligrosa.

### **Zona Altamente Peligrosa**

Son aquellas áreas de cárcavas, fondo de cauces de ríos y quebradas, terrenos con pendiente muy fuerte, laderas muy empinadas de ríos y quebradas y relleno de cauces antiguos. En esta zona las precipitaciones intensas producen inundaciones medias a profundas, repentinas, frecuentes y de corta duración en áreas adyacentes, el flujo de escorrentía es repentino e intenso y el transporte de sedimentos es intenso, existen flujos de lodo en forma frecuente y colmatación de material de arrastre en diversos puntos de la zona. Ocurren fenómenos climáticos de magnitud intensa por lo que se le considera Altamente Peligrosa.

De acuerdo a la zonificación de peligros climáticos presentada en el **PLANO N° 14**, se desprende lo siguiente:

La mayor parte del distrito de Ayacucho y que incluye las áreas de expansión urbanística en la Pampa Mollepata y Aeropuerto antiguo se encuentran en una Zona de Peligro Bajo. Un área importante concéntrica a la Plaza de armas de la ciudad y que tiene como límite por el oeste la "Vía Libertadores", y los barrios de Santa Ana y Andamarca tienen un Peligro Medio. La parte baja, media y alta de las laderas del cerro "La Picota" en una franja que corre prácticamente paralela a las cumbres del cerro de Sur a Norte es una zona Peligrosa. La zona de peligro son las laderas medias y altas del cerro "La Picota" desde la parte Norte ubicada al frente de la Urbanización ENACE hasta la parte Sur cerca del Barrio de Santa Ana y la zona altamente peligrosa son los actuales y antiguos cauces de los cursos de agua que discurren desde el cerro "La Picota" hasta el casco urbano de la ciudad.

La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye las áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua y áreas adyacentes al cauce del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es altamente Peligroso.

La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye las áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Bajo. Un área importante concéntrica al pico del cerro "Acuchimay" y que tiene como límite los ríos Alameda, quebrada Chaquihuaycco y el distrito de Carmen Alto tiene un Peligro Medio. Los cursos de agua y áreas adyacentes al río Alameda, Huatatas y quebrada Chaquihuaycco es una zona Altamente Peligrosa.

La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Altamente Peligroso. La zona de emplazamiento de Villa San Cristóbal y alrededores tiene un Peligro Medio y la zona que comprende el valle del río Alameda y el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho es de Peligro Bajo.

#### **4.4.- MAPA DE PELIGROS MULTIPLES**

##### **4.4.1.- ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES**

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de los fenómenos de origen geológico (sismos), geológico-climáticos, geotécnicos y climáticos en un punto determinado del área de estudio que comprende los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús el Nazareno es que se ha procedido a preparar el Mapa de Peligros Múltiples de la ciudad de Ayacucho, que se presenta en el **PLANO Nº 15**, el cual se divide en 05 sectores según el grado de peligro.

##### **Zona de Peligro Bajo**

En esta zona las precipitaciones intensas sólo producen inundaciones superficiales repentinas, leves, poco frecuentes y de corta duración en puntos críticos, el transporte de sedimentos es leve, no existen peligros asociados a fenómenos de origen geotécnico ya que la capacidad portante es alta (mayor a  $3.0 \text{ Kg/cm}^2$ ), ni ocurren fenómenos geológicos y geológico-climáticos de gran magnitud ya que la amplificación sísmica local es baja; por lo que se le considera de un Peligro Bajo. En esta zona se recomienda el uso urbano de alta densidad y la ubicación de edificios indispensables tales como hospitales, centros educativos, cuarteles de policía, bomberos, etc.

##### **Zona de Peligro Medio-Bajo**

Es una zona de transición entre la de Peligro Bajo y Peligro Medio; donde sus limitaciones fundamentales son sus valores medios de capacidad portante del terreno y la posibilidad de

amplificación local de media a baja de las ondas sísmicas. En esta zona las precipitaciones intensas producen: inundaciones superficiales a medias repentinas, moderadamente frecuentes y de corta duración en puntos críticos, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentino de leve a moderado, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de surcos en diversos puntos de la zona, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> a 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> y la amplificación local de las ondas sísmicas es media a baja, por lo que se le considera de un Peligro intermedio denominado: Medio-Bajo. En esta zona se recomienda el uso urbano de media a alta densidad, previa investigación geotécnica del lugar específico.

#### **Zona de Peligro Medio**

En esta zona las precipitaciones intensas producen: inundaciones superficiales a medias repentinas y de corta duración en puntos críticos, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentino y moderado, flujos de lodo, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de surcos y cárcavas en diversos puntos de la zona, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> y la amplificación de las ondas sísmicas es media, por lo que se le considera de un Peligro Medio. En esta zona se recomienda el uso urbano de media a alta densidad, previa investigación geotécnica del lugar específico.

#### **Zona Peligrosa**

En esta zona las precipitaciones intensas producen: inundaciones medias repentinas y de corta duración en puntos críticos, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentino de moderado a intenso, flujos de lodo, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión y formación de cárcavas en diversos puntos de la zona. Se dan problemas de derrumbes, agrietamientos, deslizamientos de suelos y desprendimiento de rocas por la acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>, existe variación de volumen del suelo por cambios en su contenido de humedad y la amplificación de las ondas sísmicas es alta, por lo que se le considera Peligrosa. En esta zona se recomienda el uso urbano de baja densidad, después de haber realizado estudios detallados por especialistas con experiencia para calificar el grado de peligro.

#### **Zona Altamente Peligrosa**

En esta zona las precipitaciones intensas producen: inundaciones medias a profundas repentinas, frecuentes y de corta duración, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentino e intenso, flujos de lodo en forma frecuente, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión y formación de cárcavas en diversos puntos de la zona. Se dan intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en época de lluvias y desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es menor a 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> y la amplificación de las ondas sísmicas es muy alta por lo que se le considera Altamente Peligrosa. En esta zona no se permite su uso para fines urbanos. Se recomienda su uso como reservas ecológicas, recreación abierta o para fines agrícolas.

De acuerdo a la zonificación de peligros múltiples presentada en el **PLANO Nº 15**, se desprende lo siguiente:

La mayor parte del distrito de Ayacucho y que incluye las áreas de expansión urbanística en la Pampa Mollepata y Aeropuerto antiguo se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo a Bajo. Un área importante concéntrica a la Plaza de armas de la ciudad y que tiene como límite por el oeste la "Via Libertadores", los barrios de Santa Ana y Andamarca, la Urbanización ENACE, las áreas agrícolas del fundo Canaan y una franja angosta por debajo de la "Vía Libertadores" desde ENACE hasta Santa Ana, tienen un Peligro Medio. La parte media y alta de las laderas del cerro "La Picota" en una franja que corre prácticamente paralela a las cumbres del cerro de Sur a Norte es una zona Peligrosa. La zona de peligro son las laderas medias y altas del cerro "La Picota" desde la parte Norte ubicada al frente de la Urbanización ENACE hasta la parte Sur cerca del Barrio de Santa Ana y la zona altamente peligrosa son los actuales y antiguos cauces de los cursos de agua que discurren desde el cerro "La Picota" hasta el casco urbano de la ciudad.

La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye la áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción del área de la mina de Diatomita Quicapata y los cursos de agua y áreas adyacentes al cauce del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es Peligroso y altamente Peligroso, respectivamente y además la zona circundante a la mina de Diatomita Quicapata se trata de una zona de Peligro Medio-Bajo.

La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye la áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo. Un área importante concéntrica al pico del cerro "Acuchimay" y que tiene como límite los ríos Alameda, quebrada Chaquihuaycco y el distrito de Carmen Alto tiene un Peligro Medio. Los cursos de agua y áreas adyacentes al río Alameda, Huatatas y quebrada Chaquihuaycco es una zona Altamente Peligrosa.

La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Altamente Peligroso. La zona de emplazamiento de Villa San Cristóbal y alrededores, así como el valle del río Alameda desde el denominado ovalo de Evitamiento hasta el emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho tienen un Peligro Medio.

## **CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

a).- El área de estudio tiene la siguiente ubicación política :

Lugar : Varios  
Distrito : Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto y Jesús Nazareno  
Provincia : Huamanga  
Departamento : Ayacucho

b).- Los fenómenos de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en el área de estudio se manifiestan en la sub unidad geomorfológica denominada "laderas de pendiente pronunciada" que se ubica entre las cotas 2,900.000 m.s.n.m. a 3,700.000 m.s.n.m. de los cerros circundantes y en especial en el cerro "La Picota".

c).- Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en el área de estudio, son por deslizamientos, socavamiento y cárcavas, desprendimiento de rocas y derrumbe de suelos, procesos que se ven favorecidos por una alta pendiente del terreno, baja o pobre consistencia de los materiales y el agua de lluvia en su acción de erosión, transporte y deposición; siendo de especial interés, los procesos que ocurren en las laderas y quebradas del cerro "La Picota".

d).- Los fenómenos de origen geotécnico de mayor incidencia en el área de estudio son: Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante), cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad, pérdida de resistencia mecánica por lixiviación y agresión química del suelo al concreto. Otros fenómenos tales como colapsabilidad de los suelos, licuefacción de los suelos, pérdida de capacidad portante por presencia de nivel freático, hinchamiento de los suelos, congelamiento de los suelos y formación de oquedades en el suelo; no se producen debido a las características propias de los suelos del área de estudio.

e).- La cuenca del río Alameda ha experimentado un acelerado proceso de crecimiento urbano, el cual ha ido asociado a constantes reducciones en su recorrido en lo que respecta a su sección transversal. Por lo que se considera como altamente peligroso, la construcción de viviendas sobre sus riberas y áreas adyacentes, por la posibilidad de inundaciones y transporte de sedimentos de carácter repentino, intenso y frecuente.

f).- La deposición de sedimentos en el casco urbano de la ciudad es consecuencia de la alta capacidad de transporte de sedimentos que tienen las quebradas y cursos de agua, que naciendo de las laderas del cerro "La Picota" cruzan la ciudad y llegan finalmente hacia el río Alameda, depositando en su camino material de arrastre y originando inundaciones superficiales a medias en puntos críticos.

g).- La presencia de vientos suaves a medios y una cobertura de suelos de estructura fina en el área de estudio, origina la presencia de polvo en el ambiente atmosférico que en épocas secas del año llega a producir sus mayores molestias.

h).- La ciudad de Ayacucho se ha dividido en 05 niveles de peligrosidad en función a la ocurrencia de peligros de origen geológico (sismos), geológico-climático, geotécnico y climático; según la descripción siguiente: .

#### **Zona de Peligro Bajo**

Zona de inundaciones superficiales repentinas, poco frecuentes y de corta duración, con leve transporte de sedimentos, no existen peligros asociados a fenómenos de origen geotécnico, ni ocurren fenómenos geológicos y geológico-climáticos de gran magnitud. La capacidad portante del terreno es mayor a 3.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **Zona de Peligro Medio-Bajo**

Es una zona de transición entre la de Peligro Bajo y Peligro Medio; donde sus limitaciones fundamentales son sus valores medios de capacidad portante del terreno ( $1.50$  a  $3.00 \text{ Kg/cm}^2$ ) y la posibilidad de amplificación local de media a baja de las ondas sísmicas. Zona de inundaciones superficiales a medias repentinas y de corta duración con leve a moderado transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de surcos.

### **Zona de Peligro Medio**

Zona de inundaciones superficiales a medias repentinas y de corta duración con moderado transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de cárcavas, la capacidad portante del terreno se encuentra entre  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$  y la amplificación de las ondas sísmicas es media.

### **Zona Peligrosa**

Zona de inundaciones medias repentinas y de corta duración con moderado a intenso transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión y formación de cárcavas, problemas de derrumbes, agrietamientos, deslizamientos de suelos y desprendimiento de rocas por la acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , existe variación de volumen del suelo por cambios en su contenido de humedad y la amplificación local de las ondas sísmicas es alta.

### **Zona Altamente Peligrosa**

Zona de inundaciones medias a profundas repentinas, frecuentes y de corta duración con transporte de sedimentos repentino e intenso, flujos de lodo en forma frecuente, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión, formación de cárcavas, intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en época de lluvias y desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es menor a  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$  y la amplificación local de las ondas sísmicas es muy alta.

i).-La mayor parte del distrito de Ayacucho y que incluye las áreas de expansión urbanística en la Pampa Mollepata y Aeropuerto antiguo se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo y Bajo. Un área importante concéntrica a la Plaza de armas de la ciudad y que tiene como límite por el oeste la "Vía Libertadores", los barrios de Santa Ana y Andamarca, la Urbanización ENACE, las áreas agrícolas del fundo Canaan y una franja angosta por debajo de la "Vía Libertadores" desde ENACE hasta Santa Ana, tienen un Peligro Medio. La parte media y alta de las laderas del cerro "La Picota" en una franja que corre prácticamente paralela a las cumbres del cerro de Sur a Norte es una zona Peligrosa. La zona de peligro son las laderas medias y altas del cerro "La Picota" desde la parte Norte ubicada al frente de la Urbanización ENACE hasta la parte Sur cerca del Barrio de Santa Ana y la zona altamente peligrosa son los actuales y antiguos cauces de los cursos de agua que discurren desde el cerro "La Picota" hasta el casco urbano de la ciudad.

j).- La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye la áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción del área de la mina de Diatomita Quicapata y los cursos de agua y áreas adyacentes al cauce del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es Peligroso y altamente Peligroso, respectivamente y además la zona circundante a la mina de Diatomita Quicapata se trata de una zona de Peligro Medio-Bajo.

k).-La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye la áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo. Un área importante concéntrica al pico del cerro "Acuchimay" y que tiene como límite los ríos Alameda, quebrada Chaquihuaycco y el distrito de Carmen Alto tiene un Peligro Medio. Los cursos de agua y áreas adyacentes al río Alameda, Huatatas y quebrada Chaquihuaycco es una zona Altamente Peligrosa.

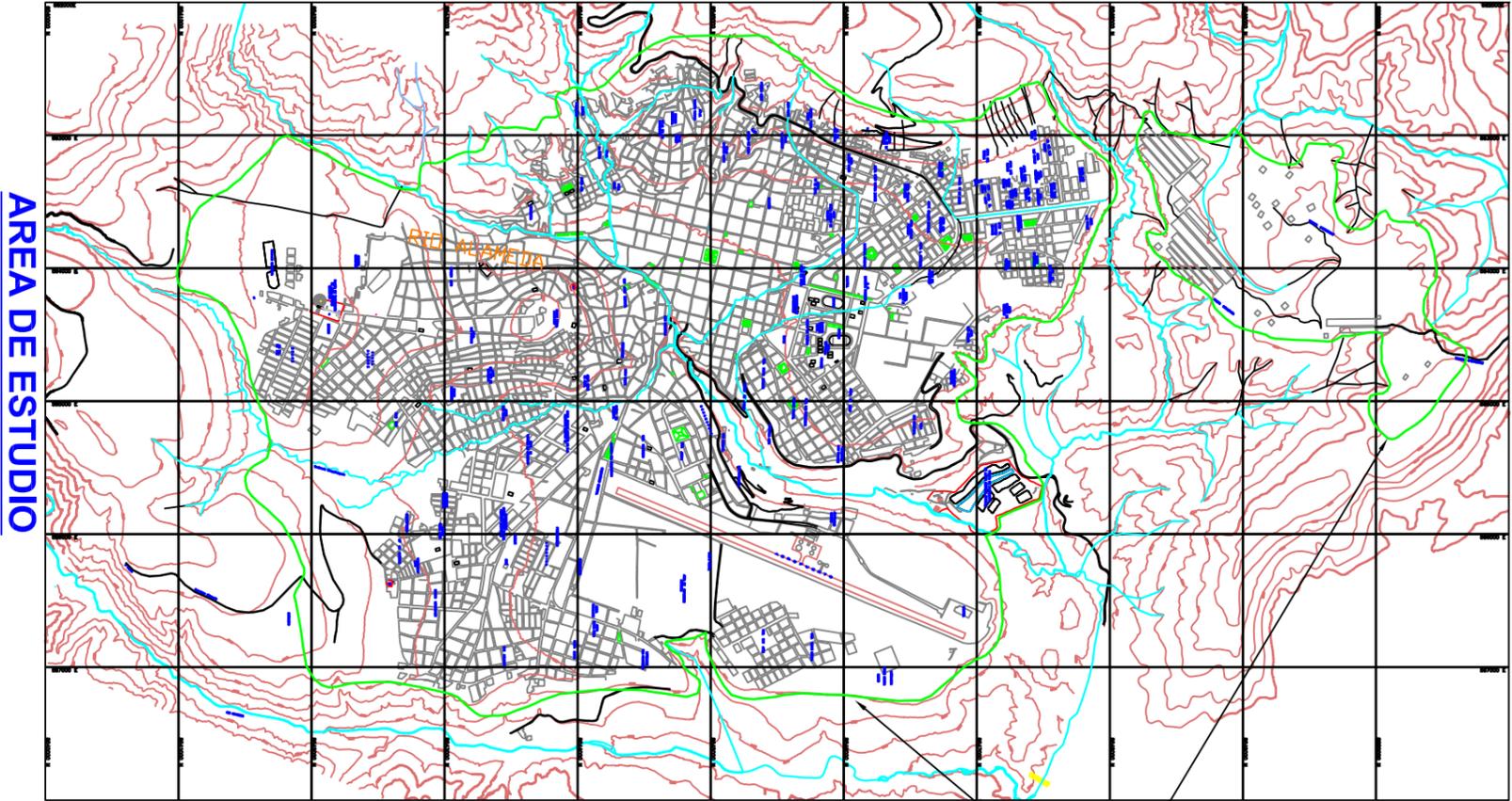
l).-La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Altamente Peligroso. La zona de emplazamiento de Villa San Cristóbal y alrededores, así como el valle del río Alameda desde el denominado ovalo de Evitamiento hasta el emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho tienen un Peligro Medio.

m).- Se recomienda la difusión del presente Estudio a las autoridades locales y publico en general de los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno; de manera que se elabore en el plazo más breve un Plan de prevención ante desastres, que se refiere a usos del suelo y medidas de mitigación para la ciudad de Ayacucho.

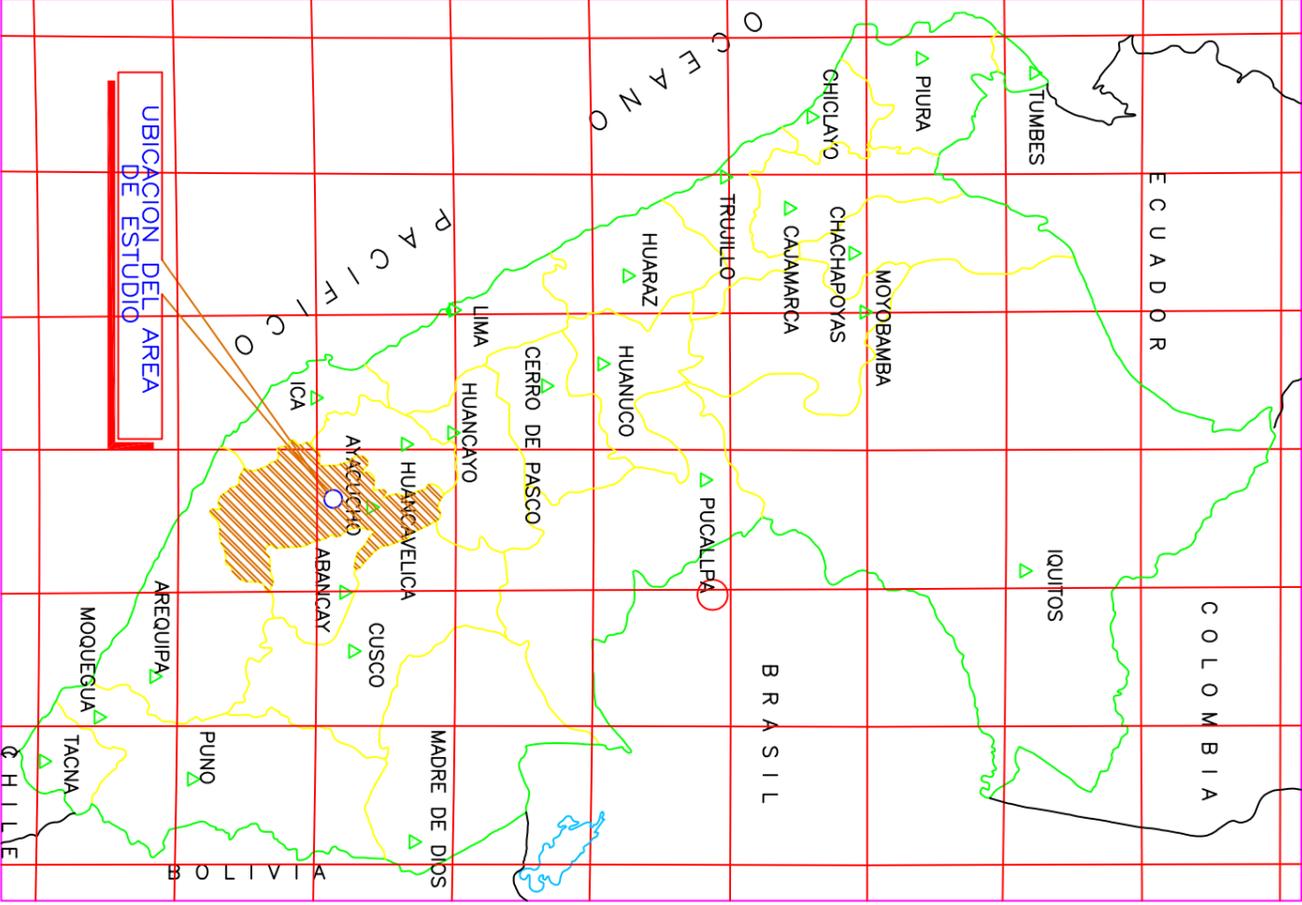
## **BIBLIOGRAFIA**

- MANUEL GOMEZ VALENTIN, "Datos de lluvia en zona urbana", Dep. de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. UPC, 2001.
- MANUEL GOMEZ VALENTIN, "Lluvias de proyecto", Dep. de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. UPC, 2001.
- RAUL LOPEZ ALONSO, "Metodo Racional en zona urbana. Bases conceptuales y aplicaciones en medio urbano", Dep. de Ingeniería Agroforestal. UdL, 2001.
- US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center "HYDROLOGIC MODELING SYSTEM – HEC – HMS", Technical Reference Manual, March 2000.
- US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center "HYDROLOGIC MODELING SYSTEM – HEC – HMS", Users Manual, Version 2.1, January 2001.
- CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA: IILA, SENAMHI, UNI, "Estudio de la Hidrología del Perú", Volumen III, Estudio de Avenidas, 1983.
- ARTURO ROCHA FELICES., "Introducción a la Hidráulica Fluvial", Lima, UNI 1998.
- JULIO KUROIWA , "Reducción de Desastres" Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima, Enero 2002
- INGEMMET – Dirección General de Geología, "Estudio de Seguridad física de los centros poblados afectados por los sismos en el área de Ayacucho – Huancavelica" Volumen I y II, Octubre 1981, Lima.
- INGEMMET – Dirección General de Geología, "Estudio para la seguridad física de la ciudad de Ayacucho", Abril 1979, Lima.
- KARL TERZAGHI, RALPH PECK, "Mecánica de Suelos en la ingeniería práctica", 1980, España.
- FRANCIS BACON, "Geología aplicada a la ingeniería Civil", 1986, México.
- J. A. JIMENEZ SALAS, "Geotecnia y Cimientos" Volumen I, II y III, 1981, España
- PECK, HAMSON, "Ingeniería de cimentaciones", 2002, LIMUSA, México
- RICO RODRIGUERZ, DEL CASTILLO " la ingeniería de los suelos en las vías terrestres" Volumen I y II, 1998, LIMUSA, México.
- BRAJAJ. M. DAS, " Principios de ingeniería de Cimentaciones", 1999, España

# **PLANOS**



UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

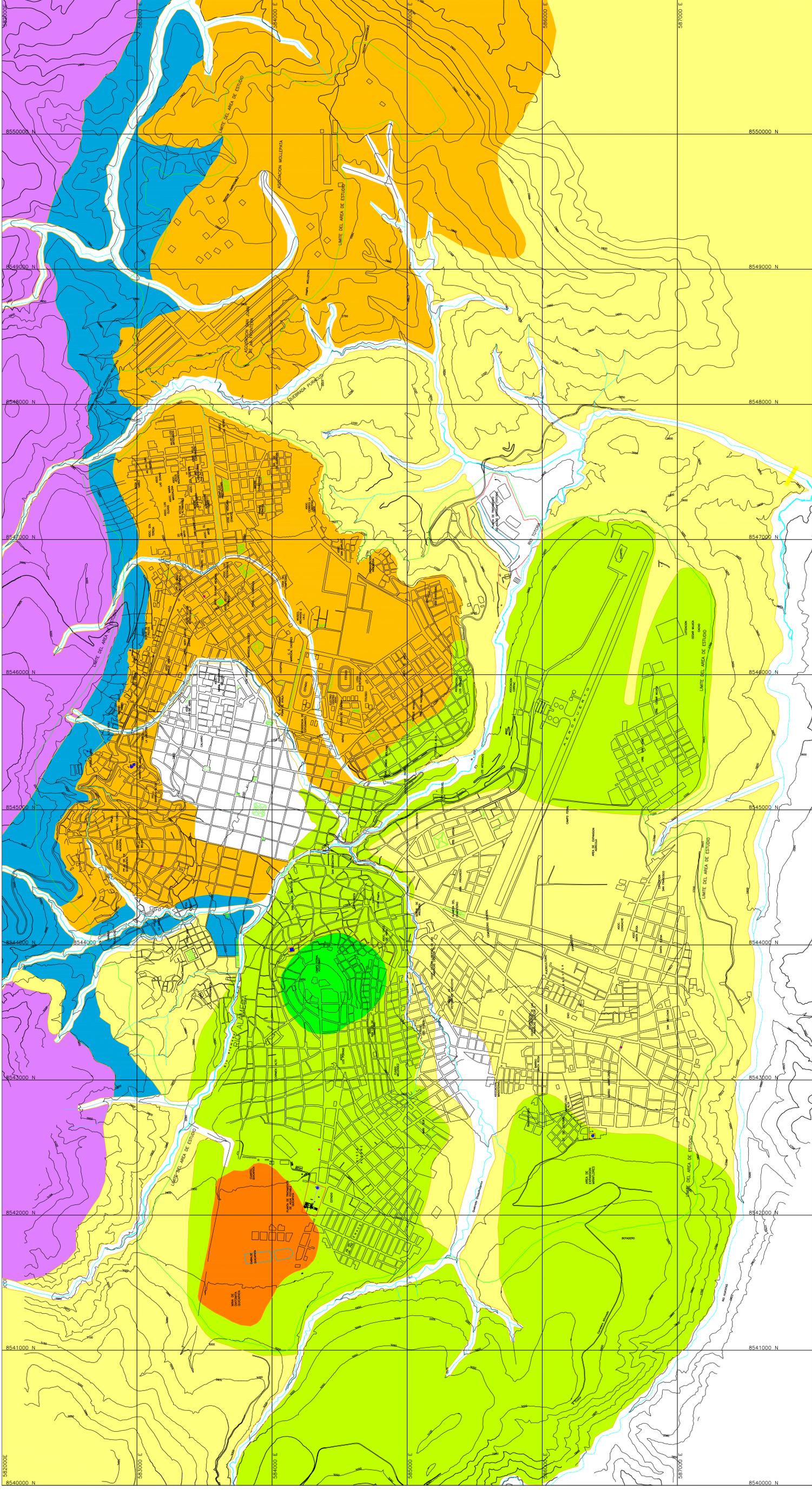
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO

MAPA: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

PLANO: 01

DISEÑO:	DIBUJO:	REVISADO:	APROBADO:	ESCALA:	FECHA:
E.M.E	R.C.G.	E.M.E		S/E	JUNIO 2003



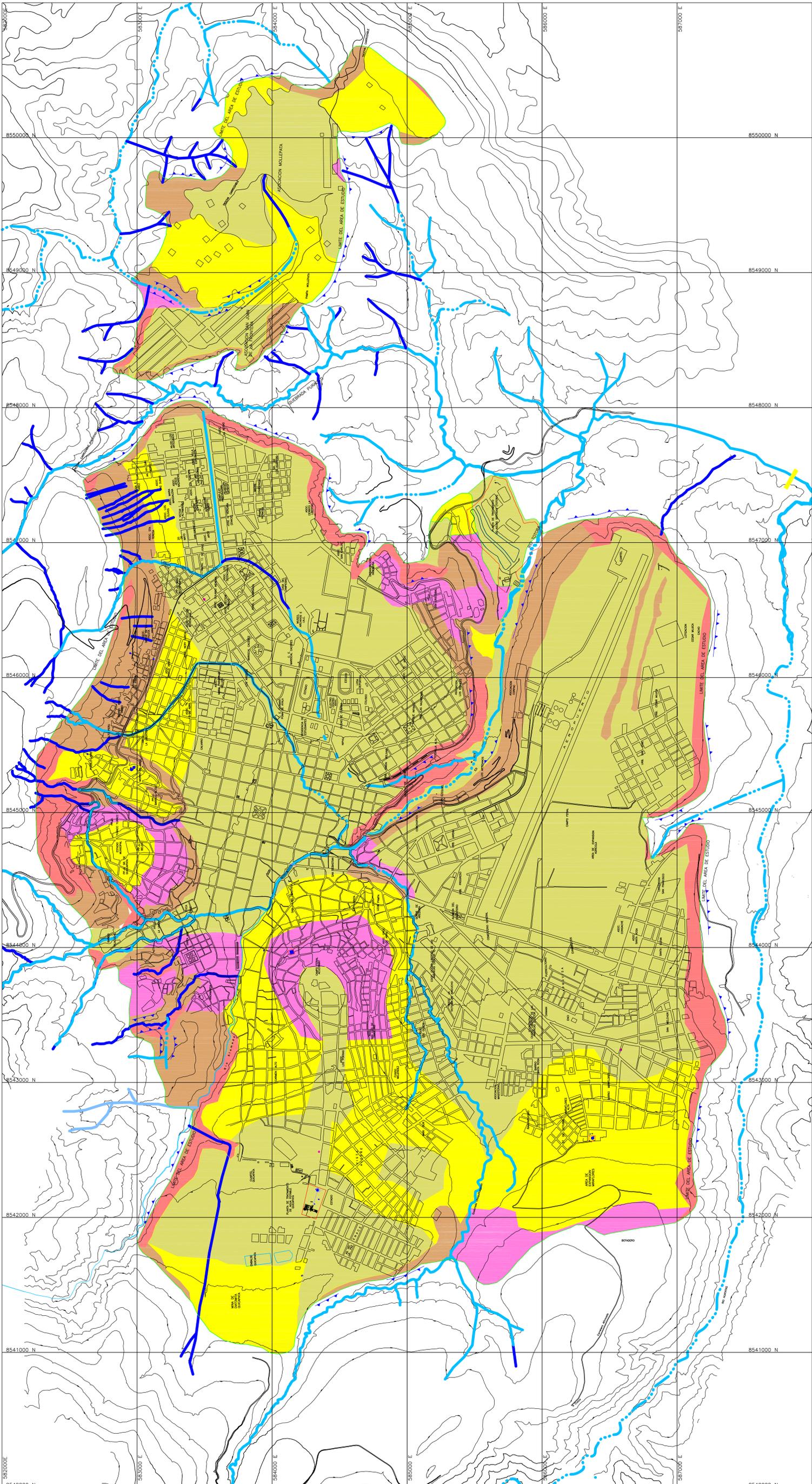
**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 MAPA: GEOLOGÍA LOCAL  
 DISEÑO: J.C.H.C. REVISIÓN: E.M.E. APROBADO: R.C.G. ESCALA: 1/15 000 FECHA: JUNIO 2003

PLANO: **02**

**LEYENDA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[White Box]	Gr-Ac, Ft. Depósito fluvio, aluvial	[Orange Box]	Tq-d Diatomita Quilapata
[Yellow Box]	Gr-Ls Depósitos lacustres	[Light Green Box]	Tv-v Volcanos Melampoc
[Blue Box]	Gr-Co Depósitos conglomeráticos	[Light Yellow Box]	Tm-y3 Formación Aysaito (M2) (Formación Aysaito)
[Green Box]	Gr-Ve Volcanos Acconimay	[Purple Box]	Tm-y2 Formación Aysaito (M2) (Formación Aysaito)



**LEYENDA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[Yellow box]	Terrazo de pendiente mayor a 35%
[Pink box]	Terrazo de pendiente mayor a 30%
[Brown box]	Terrazo de pendiente mayor a 25%
[Red box]	Terrazo de pendiente mayor a 20%
[Blue box]	Terrazo de pendiente mayor a 15%
[Blue dashed line]	Zona de riesgo por inundación
[Blue solid line]	Zona de riesgo por deslizamiento

**DESCRIPCIÓN**  
 Zona fuera del área de estudio, con información geográfica, topográfica, hidrográfica, geológica, geotécnica y ambiental.

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

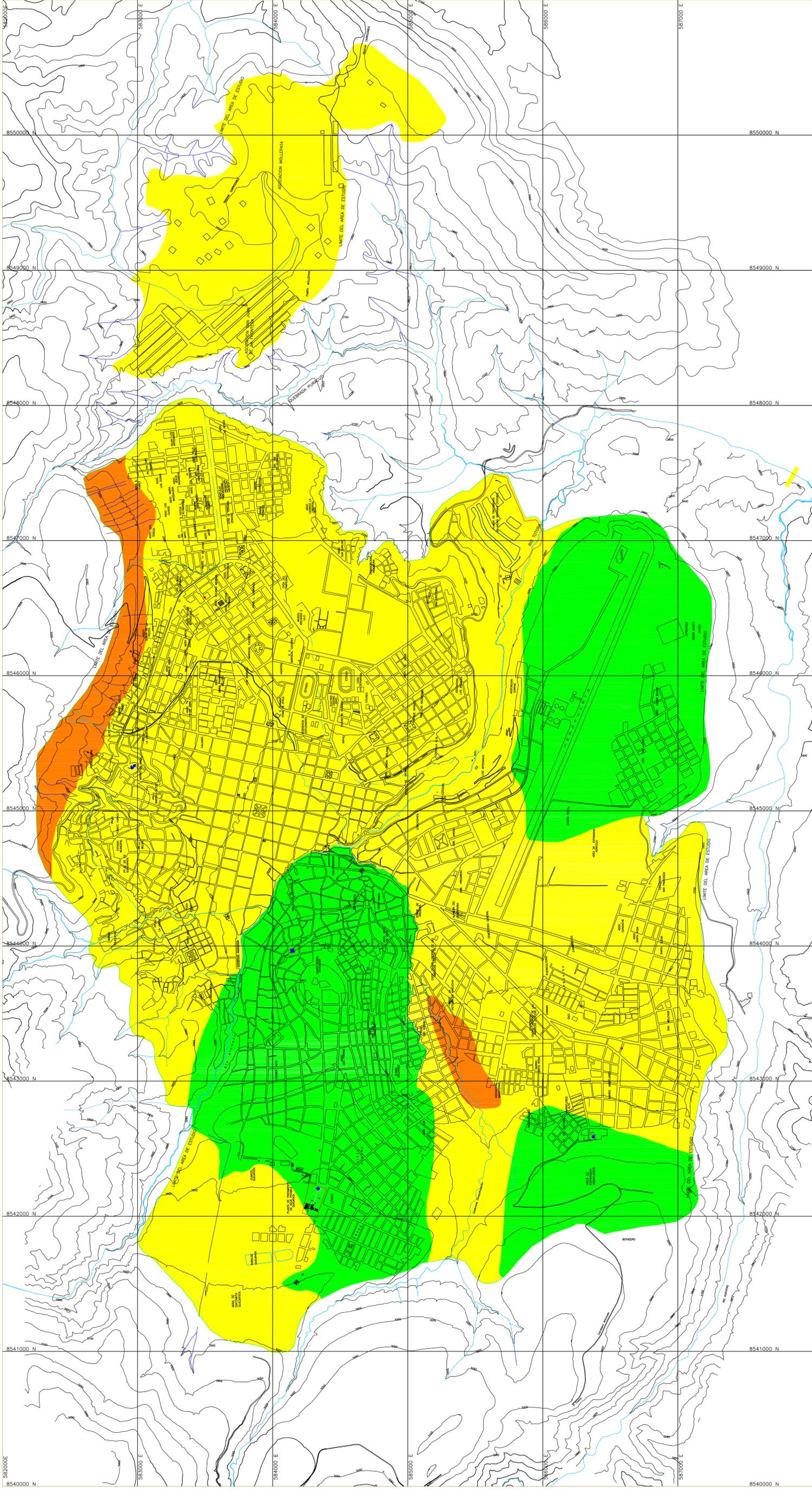
PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO

MAPA: GEOMORFOLOGÍA LOCAL

DISUNO: E.M.E. REVISADO: E.M.E. APROBADO: R.C.G. ESCALA: 1:15,000 FECHA: JUNIO 2003

PLANO: **03**





## INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

FECHA: JUNIO 2003

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO

PLANO: 04

DISEÑO: E.M.E

REVISADO: E.M.E

ESCALA: 1/15 000

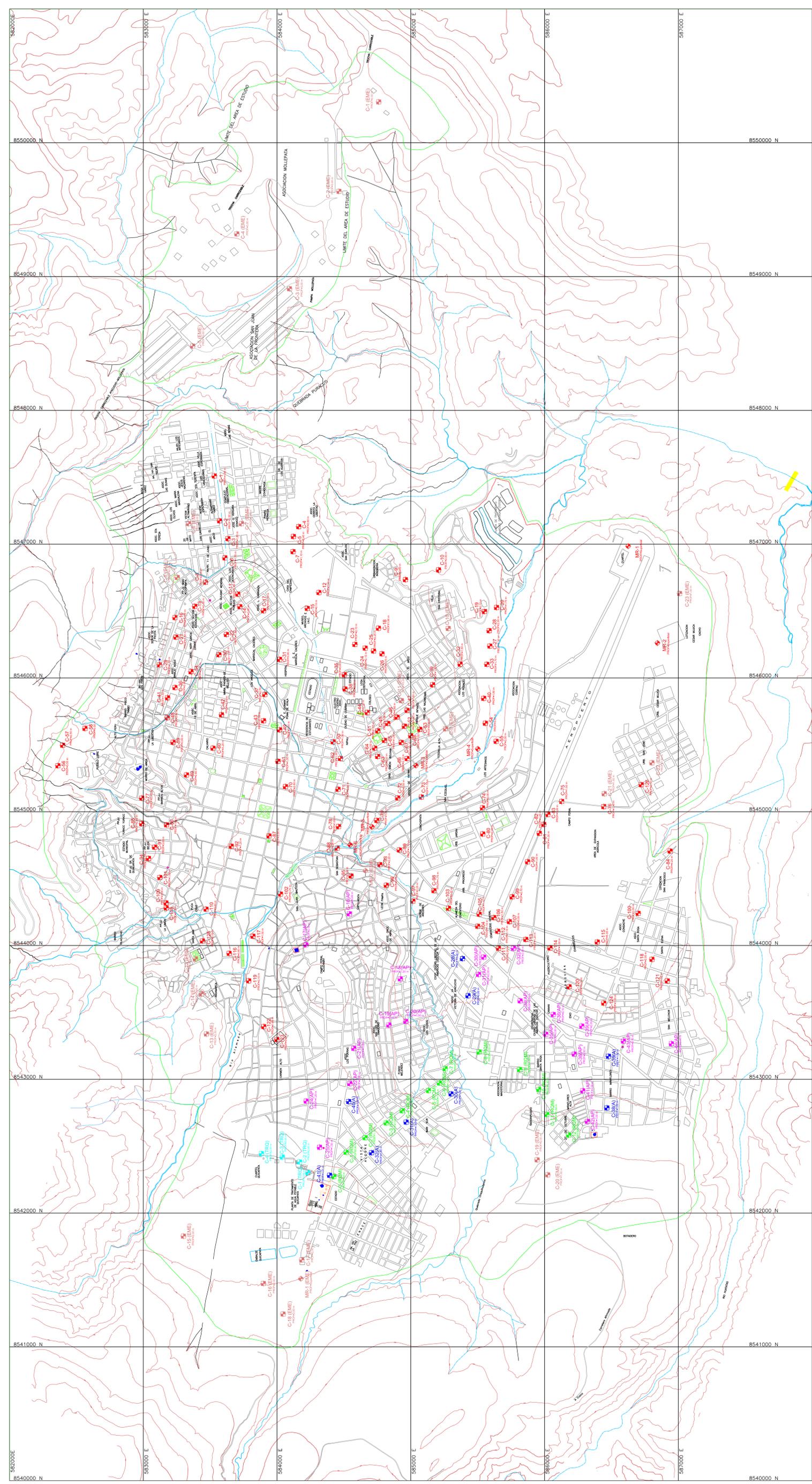
DIBUJO: R.C.G.

APROBADO:

SISMICIDAD LOCAL

### LEYENDA

COLOR	DESCRIPCIÓN
	Zona de alta peligrosidad sísmica con probabilidad de ocurrencia de sismos de Grando VI (MM) y de Bajo Peligro Sísmico
	Zona de baja a media amplificación sísmica con probabilidad de ocurrencia de sismos de Grando VI a VII (MM) y de Alto Peligro Sísmico
	Zona de alta amplificación sísmica con probabilidad de ocurrencia de sismos de Grando VI (MM) y de Alto Peligro Sísmico
	Zona de baja a media amplificación sísmica con probabilidad de ocurrencia de sismos de Grando VI (MM) y de Alto Peligro Sísmico



# INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

## PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

### MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO

#### UBICACIÓN DE CALCATAS

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
MAPA: UBICACIÓN DE CALCATAS  
PLANO: 05

DISEÑO: E.M.E.    REVISADO: E.M.E.    APROBADO: E.M.E.    ESCALA: 1/15 000    FECHA: JUNIO 2003

---

#### LEYENDA:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
<span style="color: red;">■</span>	<b>CALCATAS (C-??)</b> PREEXISTENTES
<span style="color: green;">■</span>	<b>CALCATAS (C-??) RO</b> POR CONSTRUCCIÓN
<span style="color: blue;">■</span>	<b>CALCATAS (C-??) MO</b> POR MODIFICACIÓN
<span style="color: purple;">■</span>	<b>CALCATAS (C-??) EL</b> POR ELIMINACIÓN
<span style="color: red;">+</span>	<b>PUNTO DE MUESTREO DE ROCA (MR-??)</b> PREEXISTENTE
<span style="color: red;">+</span>	<b>PUNTO DE MUESTREO DE ROCA (MR-??)</b> EME

---

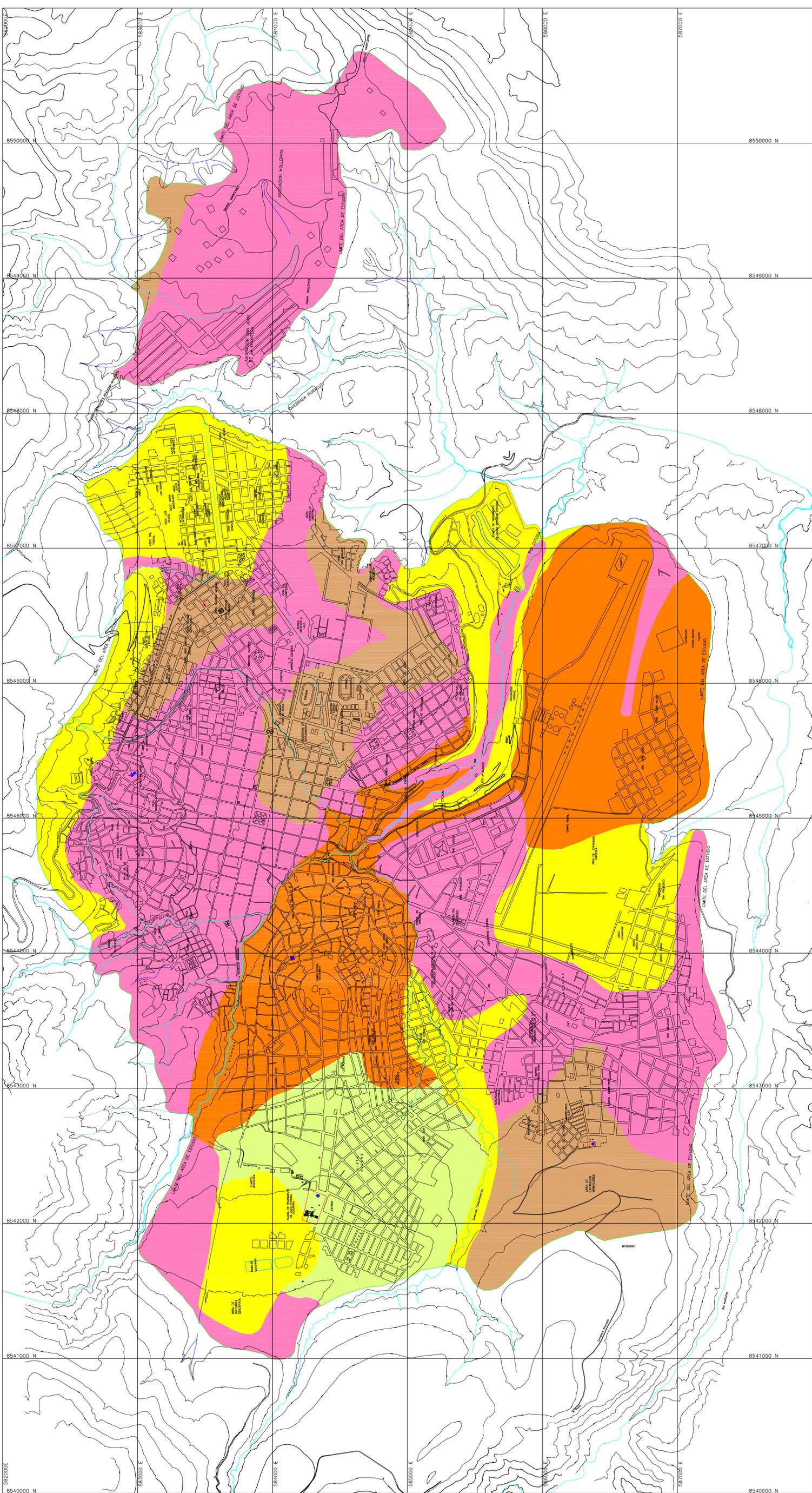
#### UBICACIÓN DE CALCATAS (PROYECTO ACTUAL)

N°	IDENTIFICACIÓN	SECTOR	UBICACIÓN	PROYECTADO
1	C-1	...	...	...
2	C-2	...	...	...
3	C-3	...	...	...
4	C-4	...	...	...
5	C-5	...	...	...
6	C-6	...	...	...
7	C-7	...	...	...
8	C-8	...	...	...
9	C-9	...	...	...
10	C-10	...	...	...
11	C-11	...	...	...
12	C-12	...	...	...
13	C-13	...	...	...
14	C-14	...	...	...
15	C-15	...	...	...
16	C-16	...	...	...
17	C-17	...	...	...
18	C-18	...	...	...
19	C-19	...	...	...
20	C-20	...	...	...
21	C-21	...	...	...
22	C-22	...	...	...
23	C-23	...	...	...
24	C-24	...	...	...
25	C-25	...	...	...
26	C-26	...	...	...
27	C-27	...	...	...
28	C-28	...	...	...
29	C-29	...	...	...
30	C-30	...	...	...
31	C-31	...	...	...
32	C-32	...	...	...
33	C-33	...	...	...
34	C-34	...	...	...
35	C-35	...	...	...
36	C-36	...	...	...
37	C-37	...	...	...
38	C-38	...	...	...
39	C-39	...	...	...
40	C-40	...	...	...
41	C-41	...	...	...
42	C-42	...	...	...
43	C-43	...	...	...
44	C-44	...	...	...
45	C-45	...	...	...
46	C-46	...	...	...
47	C-47	...	...	...
48	C-48	...	...	...
49	C-49	...	...	...
50	C-50	...	...	...
51	C-51	...	...	...
52	C-52	...	...	...
53	C-53	...	...	...
54	C-54	...	...	...
55	C-55	...	...	...
56	C-56	...	...	...
57	C-57	...	...	...
58	C-58	...	...	...
59	C-59	...	...	...
60	C-60	...	...	...
61	C-61	...	...	...
62	C-62	...	...	...
63	C-63	...	...	...
64	C-64	...	...	...
65	C-65	...	...	...
66	C-66	...	...	...
67	C-67	...	...	...
68	C-68	...	...	...
69	C-69	...	...	...
70	C-70	...	...	...
71	C-71	...	...	...
72	C-72	...	...	...
73	C-73	...	...	...
74	C-74	...	...	...
75	C-75	...	...	...
76	C-76	...	...	...
77	C-77	...	...	...
78	C-78	...	...	...
79	C-79	...	...	...
80	C-80	...	...	...
81	C-81	...	...	...
82	C-82	...	...	...
83	C-83	...	...	...
84	C-84	...	...	...
85	C-85	...	...	...
86	C-86	...	...	...
87	C-87	...	...	...
88	C-88	...	...	...
89	C-89	...	...	...
90	C-90	...	...	...
91	C-91	...	...	...
92	C-92	...	...	...
93	C-93	...	...	...
94	C-94	...	...	...
95	C-95	...	...	...
96	C-96	...	...	...
97	C-97	...	...	...
98	C-98	...	...	...
99	C-99	...	...	...
100	C-100	...	...	...

#### UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE ROCA (PROYECTO ANTECEDENTES)

N°	IDENTIFICACIÓN	SECTOR	UBICACIÓN	PROYECTADO
1	MR-1	...	...	...
2	MR-2	...	...	...
3	MR-3	...	...	...
4	MR-4	...	...	...
5	MR-5	...	...	...
6	MR-6	...	...	...
7	MR-7	...	...	...
8	MR-8	...	...	...
9	MR-9	...	...	...
10	MR-10	...	...	...
11	MR-11	...	...	...
12	MR-12	...	...	...
13	MR-13	...	...	...
14	MR-14	...	...	...
15	MR-15	...	...	...
16	MR-16	...	...	...
17	MR-17	...	...	...
18	MR-18	...	...	...
19	MR-19	...	...	...
20	MR-20	...	...	...
21	MR-21	...	...	...
22	MR-22	...	...	...
23	MR-23	...	...	...
24	MR-24	...	...	...
25	MR-25	...	...	...
26	MR-26	...	...	...
27	MR-27	...	...	...
28	MR-28	...	...	...
29	MR-29	...	...	...
30	MR-30	...	...	...
31	MR-31	...	...	...
32	MR-32	...	...	...
33	MR-33	...	...	...
34	MR-34	...	...	...
35	MR-35	...	...	...
36	MR-36	...	...	...
37	MR-37	...	...	...
38	MR-38	...	...	...
39	MR-39	...	...	...
40	MR-40	...	...	...
41	MR-41	...	...	...
42	MR-42	...	...	...
43	MR-43	...	...	...
44	MR-44	...	...	...
45	MR-45	...	...	...
46	MR-46	...	...	...
47	MR-47	...	...	...
48	MR-48	...	...	...
49	MR-49	...	...	...
50	MR-50	...	...	...
51	MR-51	...	...	...
52	MR-52	...	...	...
53	MR-53	...	...	...
54	MR-54	...	...	...
55	MR-55	...	...	...
56	MR-56	...	...	...
57	MR-57	...	...	...
58	MR-58	...	...	...
59	MR-59	...	...	...
60	MR-60	...	...	...
61	MR-61	...	...	...
62	MR-62	...	...	...
63	MR-63	...	...	...
64	MR-64	...	...	...
65	MR-65	...	...	...
66	MR-66	...	...	...
67	MR-67	...	...	...
68	MR-68	...	...	...
69	MR-69	...	...	...
70	MR-70	...	...	...
71	MR-71	...	...	...
72	MR-72	...	...	...
73	MR-73	...	...	...
74	MR-74	...	...	...
75	MR-75	...	...	...
76	MR-76	...	...	...
77	MR-77	...	...	...
78	MR-78	...	...	...
79	MR-79	...	...	...
80	MR-80	...	...	...
81	MR-81	...	...	...
82	MR-82	...	...	...
83	MR-83	...	...	...
84	MR-84	...	...	...
85	MR-85	...	...	...
86	MR-86	...	...	...
87	MR-87	...	...	...
88	MR-88	...	...	...
89	MR-89	...	...	...
90	MR-90	...	...	...
91	MR-91	...	...	...
92	MR-92	...	...	...
93	MR-93	...	...	...
94	MR-94	...	...	...
95	MR-95	...	...	...
96	MR-96	...	...	...
97	MR-97	...	...	...
98	MR-98	...	...	...
99	MR-99	...	...	...
100	MR-100	...	...	...





**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 MAPA: CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS

DISÑO: E.M.E.    REVISADO: E.M.E.    APROBADO: R.C.G.    ESCALA: 1/15 000    FECHA: JUNIO 2003

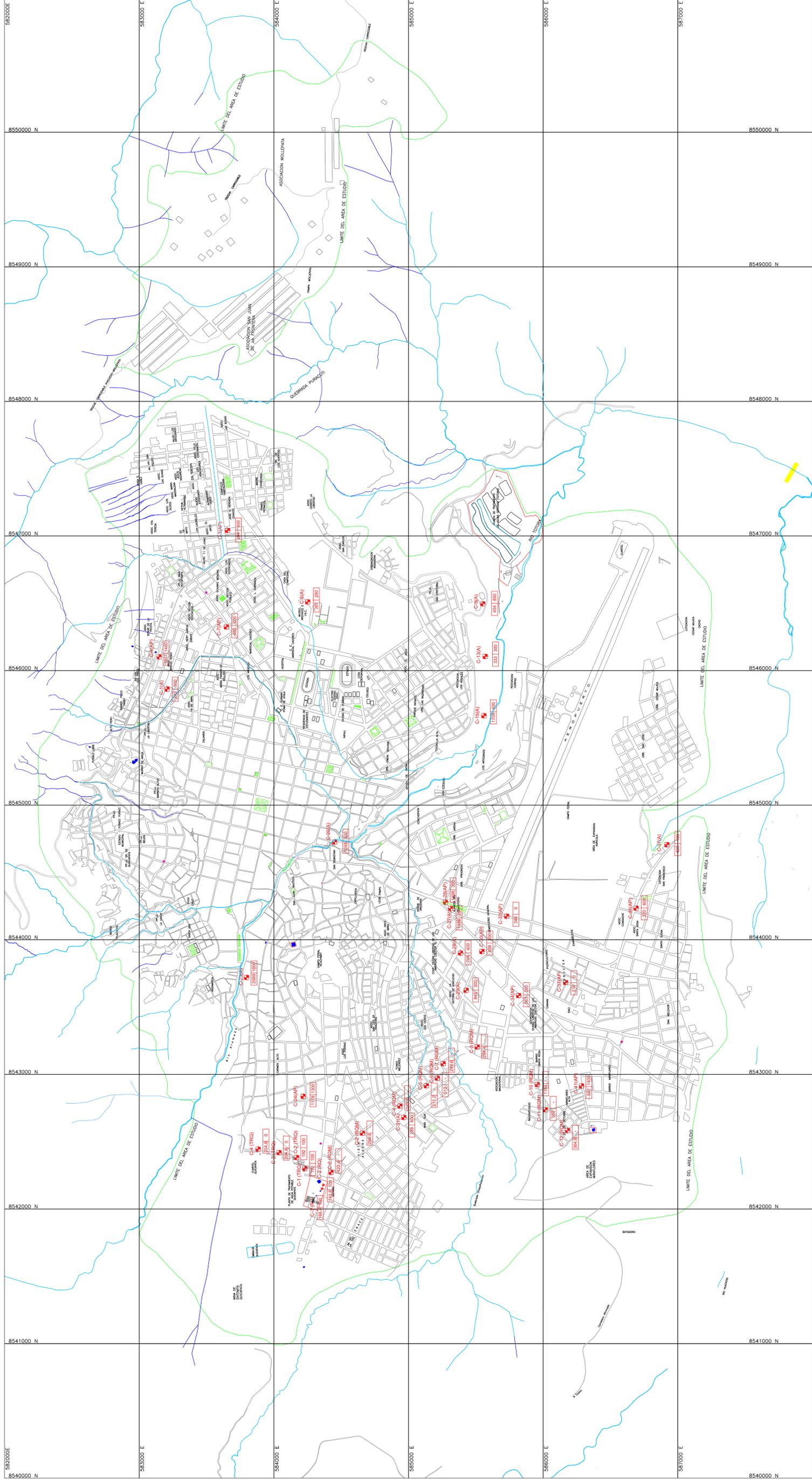
**PARÁMETROS DE CÁLCULO**  
 Profundidad de cimentación = 1,00 m  
 Ancho de zapata = 1,00m  
 Asentamiento total permisible = 1"  
 Carga vertical máxima = 30 Tn

**LEYENDA:**

COLOR	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO
Yellow	1,00 a 1,50 Kg/cm <sup>2</sup>
Light Green	1,50 a 2,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Green	2,00 a 2,50 Kg/cm <sup>2</sup>
Light Orange	2,50 a 3,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Orange	Mayor a 4,00 Kg/cm <sup>2</sup>

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[Pink shaded area]	Zona fuera del área de estudio, donde no se realizó el levantamiento topográfico y geológico.

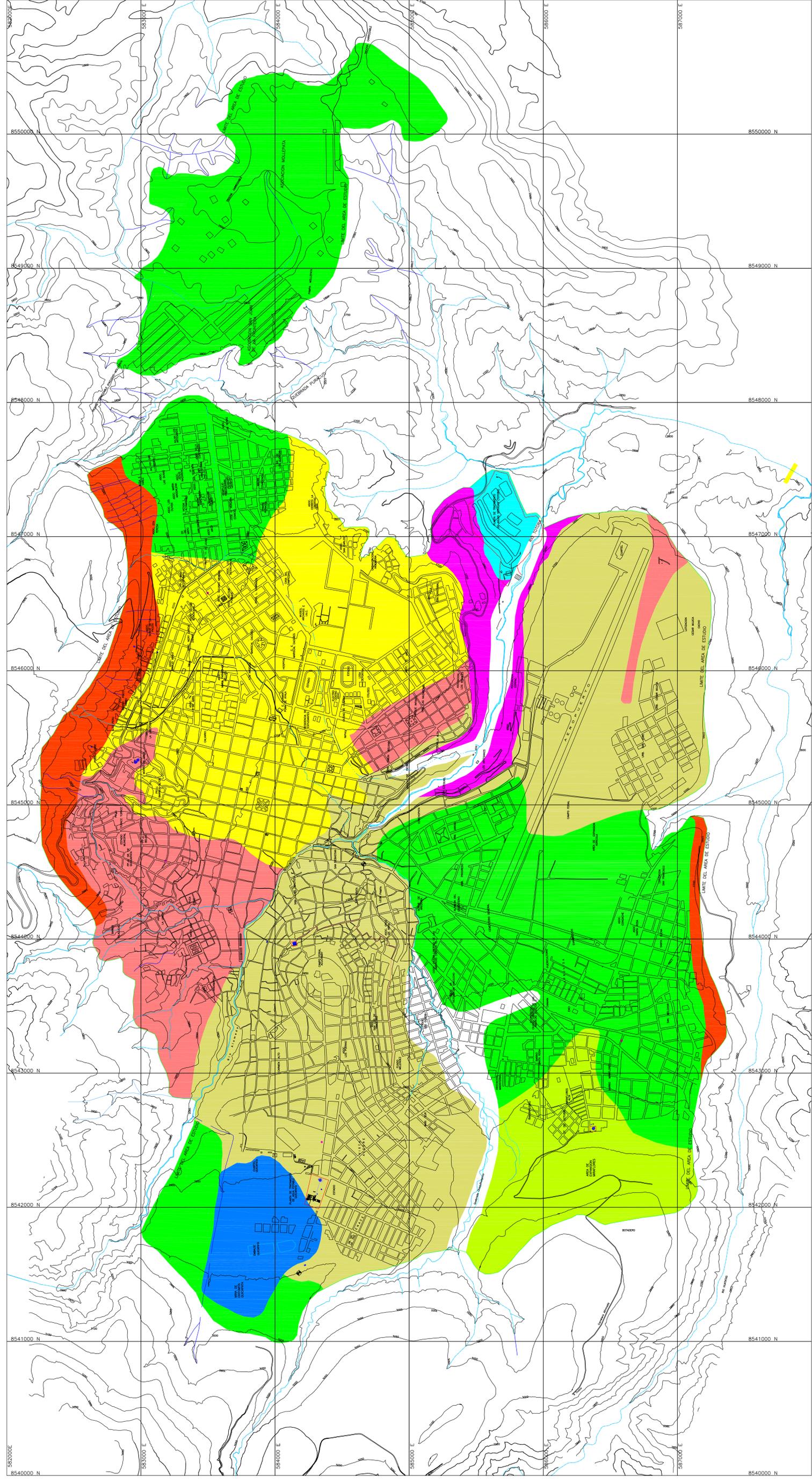
PLANO: **07**



## LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
C-n (P)	Denominación de calicata
	Ubicación de calicata
100	Contenido de Sulfatos en el suelo (ppm)
1500	Contenido de Sales Totales en el suelo (ppm)
	Despreciable a leve ataque químico al concreto de la cimentación. Suelo sin pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO
MAPA:	CONTENIDO DE SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) Y SALES TOTALES DE LOS SUELOS
DISEÑO:	E.M.E
REVISADO:	R.C.G.
APROBADO:	E.M.E
ESCALA:	1/15 000
FECHA:	JUNIO 2003
PLANO:	<b>08</b>



LEYENDA

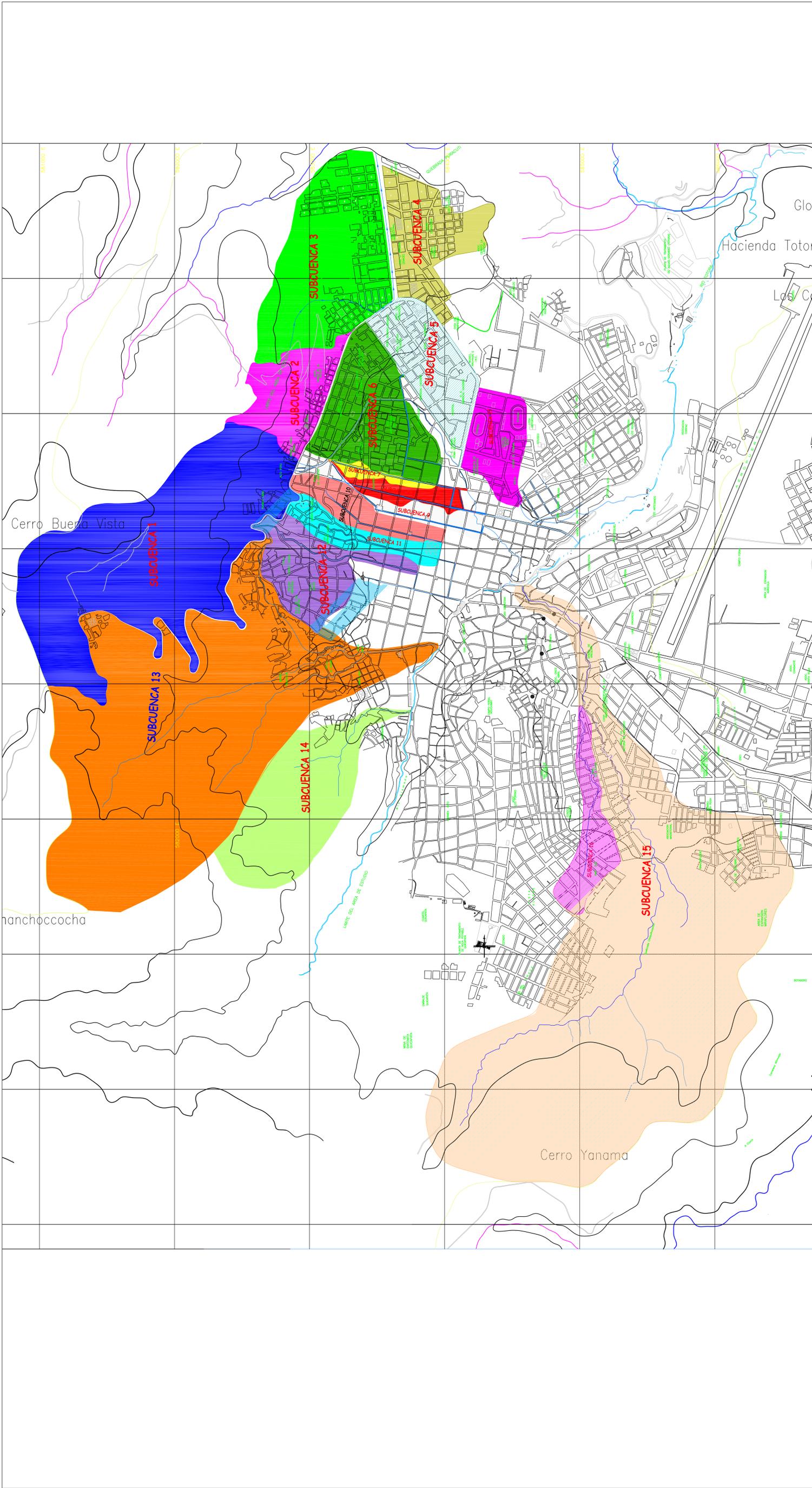
CLASIFICACION	COLOR	DESCRIPCION
Suelo Tipo I	Yellow	Aglomerado volcánico, andesita Acuchimay y roca basalto de estructura vacuolar envuelta en limo de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente desde muy suave a fuerte (0° a 60°); con muy buena capacidad portante.
Suelo Tipo II	Orange	Grava limosa formada por la mezcla de piedras angulosas de origen volcánico y limo-arenoso de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente desde muy suave a suave (0° a 10°); con muy buena capacidad portante.
Suelo Tipo III	Red	Grava Limo Arenosa formada por la mezcla de piedras subredondeadas de origen sedimentario antiguo y reciente y limo-arenoso de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°); con buena capacidad portante.
Suelo Tipo IV	Pink	Limo Inorgánico de baja a alta plasticidad de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad de origen lacustre muy consolidado, sobre terrenos de pendiente desde muy suave a suave (0° a 10°); con regular a buena capacidad portante.
Suelo Tipo V	Light Green	Arena limosa formada por alteración de areniscas tabulares, de compacidad media a densa, sobre terrenos de pendiente desde muy suave a media (0° a 15°); con buena capacidad portante.
Suelo Tipo VI	Dark Green	Limo Inorgánico de baja plasticidad de consistencia firme formada por alteración de Tobas, sobre terrenos de pendiente moderada (15° a 30°); con regular capacidad portante.
Suelo Tipo VII	Purple	Grava arena limosa bien graduada de origen aluvial y/o fluvial; de compacidad suelta a media, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°); con regular capacidad portante.
Suelo Tipo VIII	Brown	Grava arena limosa bien graduada de origen sedimentario antiguo (conglomerado pleistocénico) de compacidad media a densa, sobre terrenos de pendiente moderada (15° a 30°); susceptible a erosión hídrica y acción sísmica; con regular capacidad portante.
Suelo Tipo IX	Blue	Limo Inorgánico de alta plasticidad, bajo peso específico, susceptible a cambios de volumen por variación de la humedad y acción hídrica, media compresibilidad, emplazado sobre la canchera de Diatomita de pendiente muy suave a suave (0° a 10°); con baja capacidad portante.
Suelo Tipo X	Cyan	Limo Inorgánico de baja plasticidad de origen sedimentario reciente, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°); con regular capacidad portante.

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 PLANO: 09  
 MAPA: GEOTÉCNICO

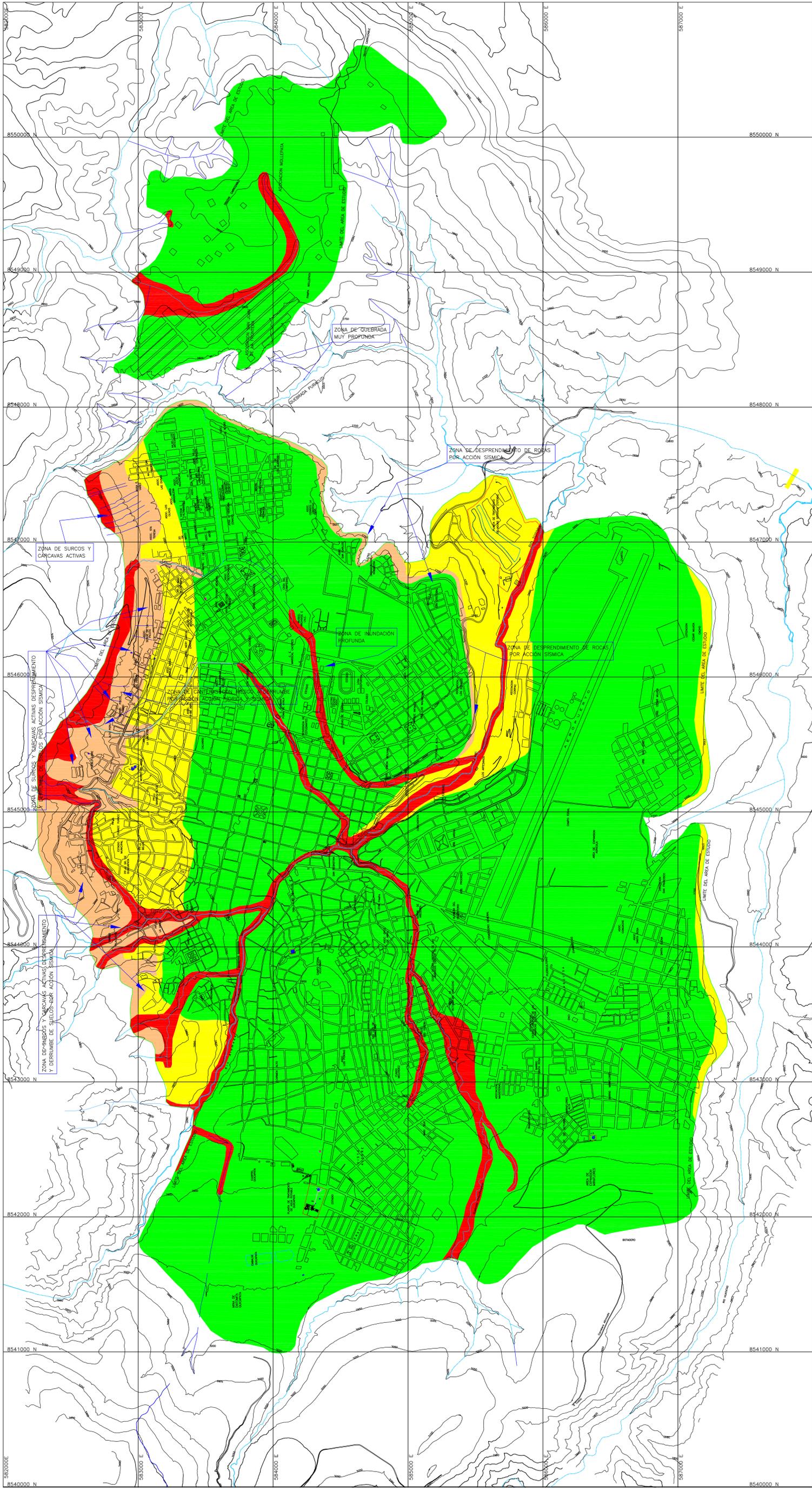
DISENYO: E.M.E. DIBUJO: R.C.G. REVISADO: E.M.E. APROBADO: E.M.E. ESCALA: 1/15 000 FECHA: JUNIO 2003

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[Empty Box]	Zona donde se debe considerar la presencia de riesgos geotécnicos.



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO
MAPA:	UBICACIÓN DE TORRENTAS Y SUBCUENCAS
DISEÑO:	E.M.E.
DIBUJO:	R.C.G.
REVISADO:	E.M.E.
APROBADO:	
ESCALA:	1/15 000
FECHA:	JUNIO 2003



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO: **PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

ESTUDIO: **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**

MAPA: **PELIGROS GEOLÓGICOS-CLIMÁTICOS**

DISEÑO: E.M.E.    DIBUJO: R.C.G.    REVISADO: E.M.E.    APROBADO: E.M.E.

ESCALA: 1/15 000    FECHA: JUNIO 2003

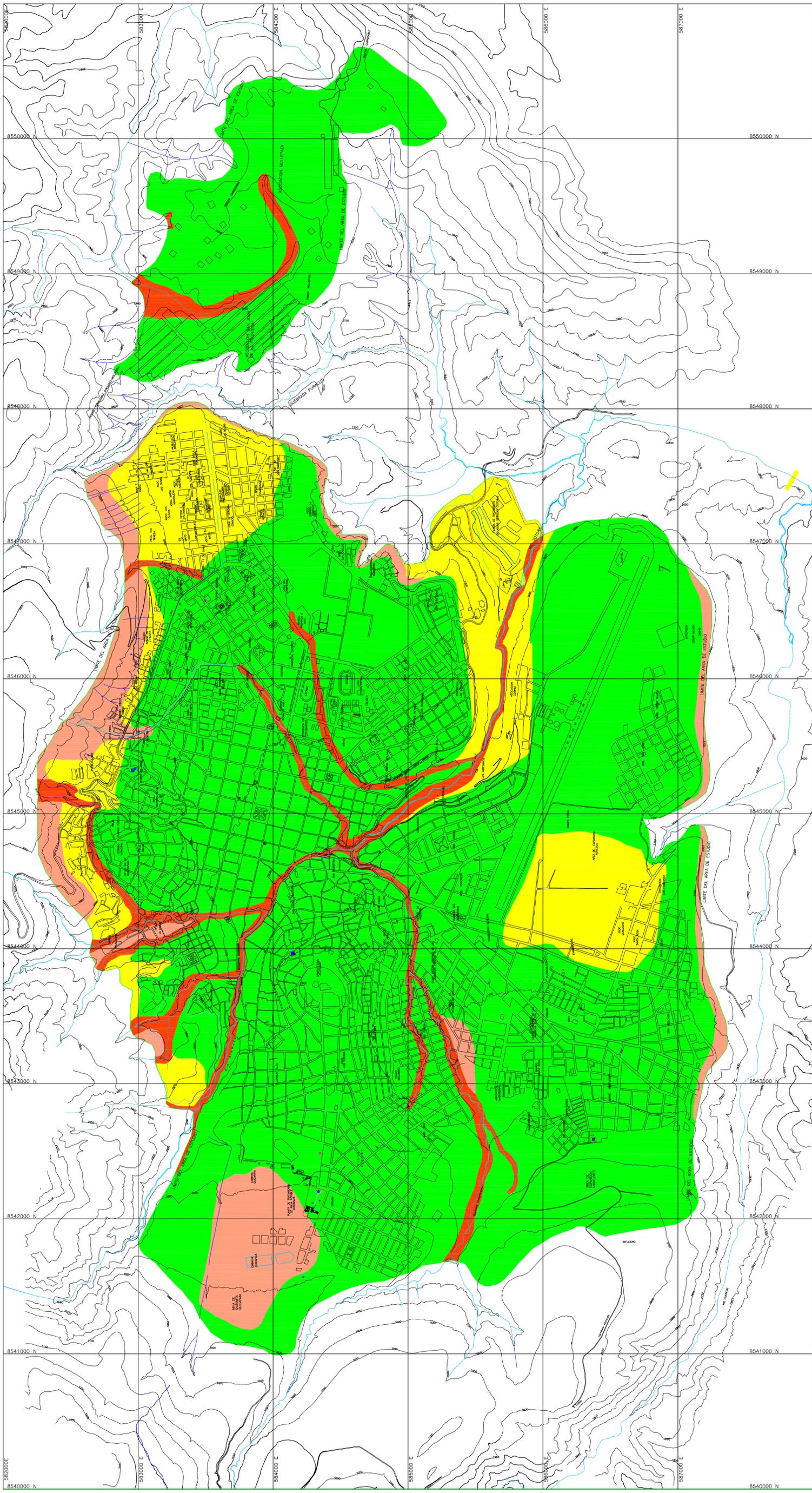
PLANO: **11**

**LEYENDA**

COLOR	DESCRIPCIÓN
■ (Red)	Zona Altamente Peligrosa
■ (Orange)	Zona Peligrosa
■ (Yellow)	Zona de Peligro Medio
■ (Green)	Zona de Peligro Bajo

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□ (White)	Zona fuera de área de estudio, con peligro moderado, alto o muy alto, que no se incluye en el presente estudio.



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

**PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**

**12**

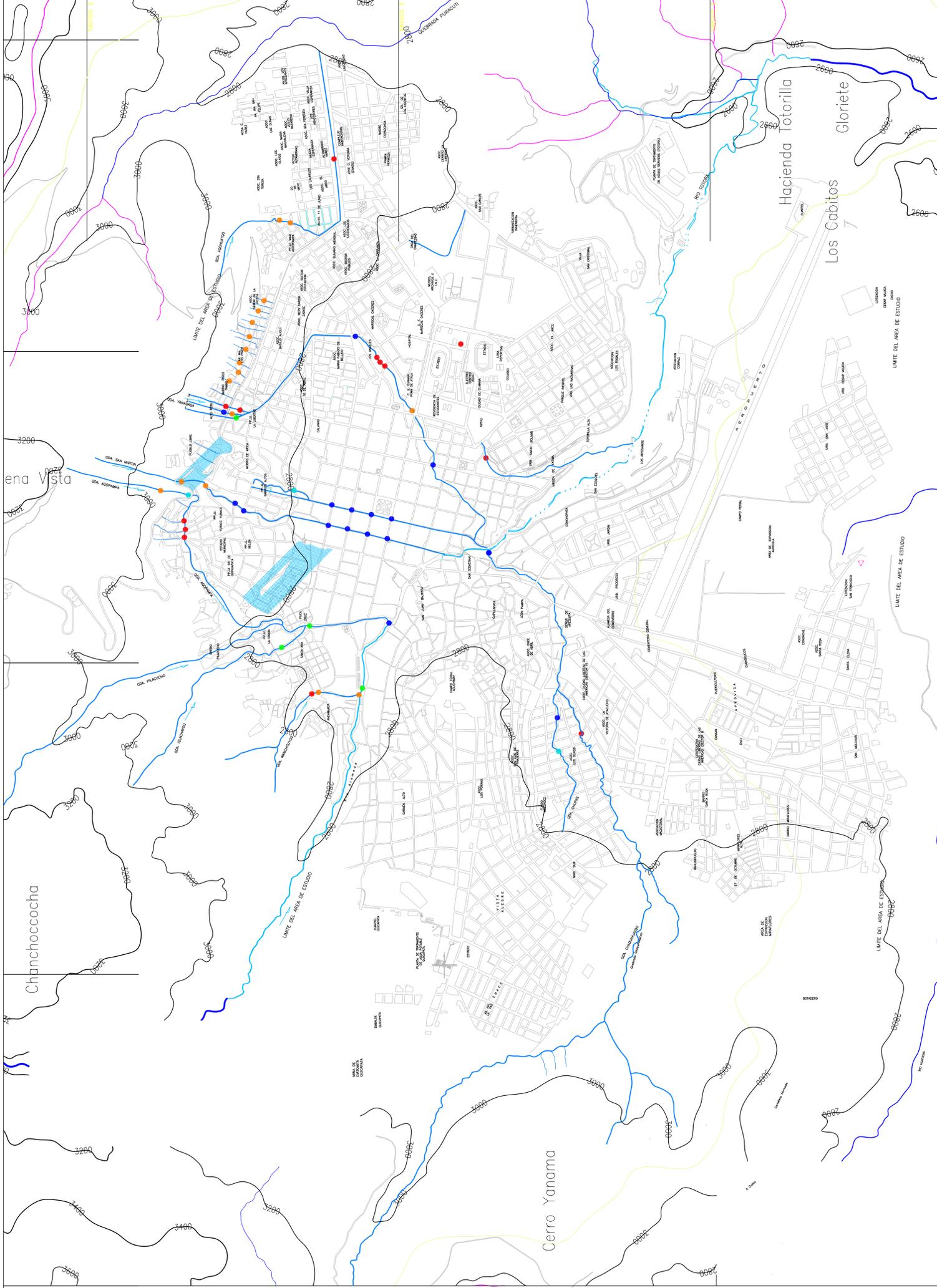
**PELIGROS GEOTÉCNICOS**

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 MAPA: PELIGROS GEOTÉCNICOS  
 DISEÑO: E.M.E. DIBUJO: R.C.G. APROBADO: E.M.E. ESCALA: 1/15 000 FECHA: JUNIO 2003

**LEYENDA**

COLOR	DESCRIPCIÓN
	Zona Altamente Peligrosa
	Zona Peligrosa
	Zona de Peligro Medio
	Zona de Peligro Bajo

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Zona fuera del área de estudio. Zona donde se han considerado condiciones que no se pueden representar gráficamente.



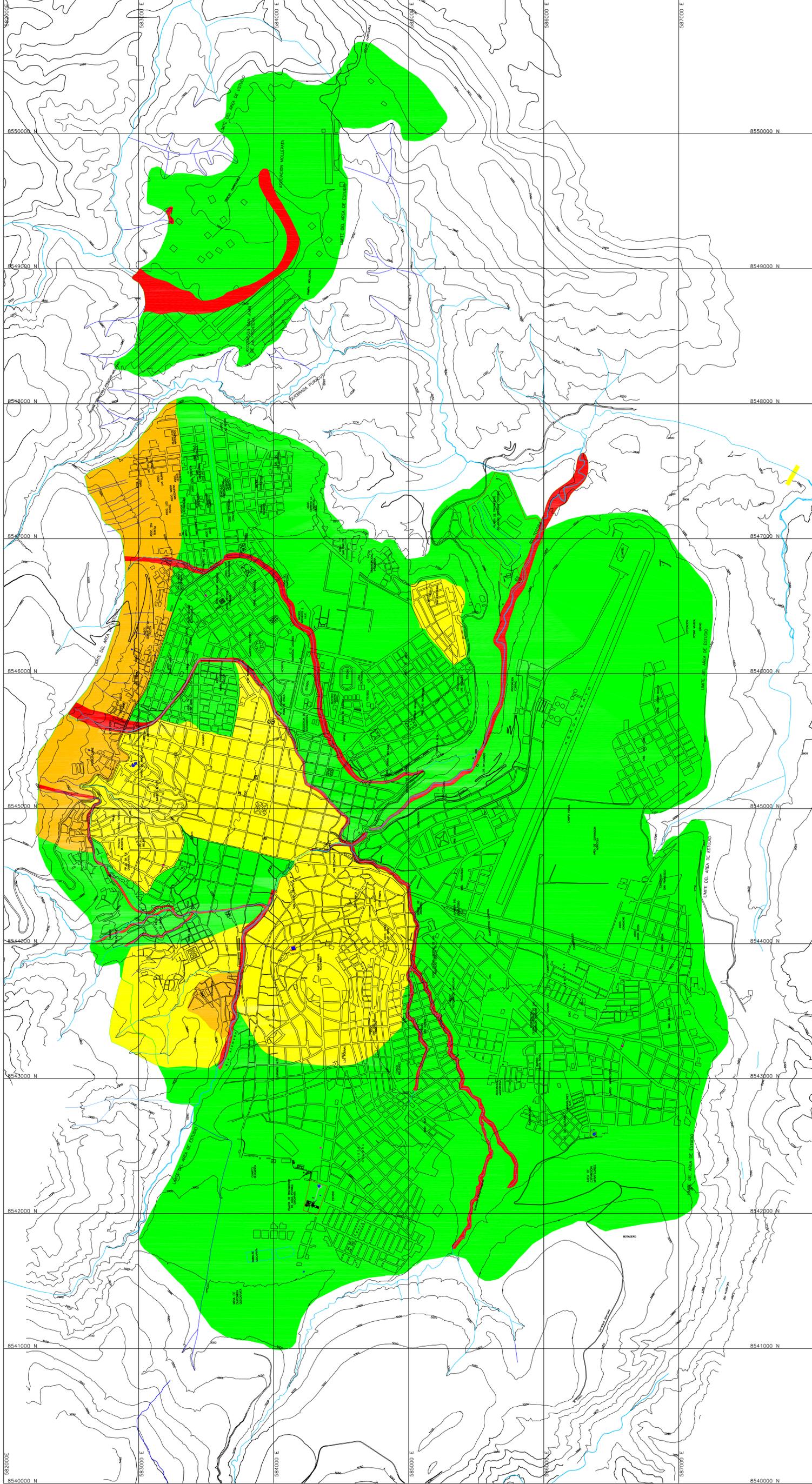
**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO
MAPA:	ZONAS CON OCURRENCIA DE FENOMENOS CLIMATICOS
PLANO:	13

DISENO:	J.O.I	DIBUJO:	R.C.G.	APROBADO:	E.M.E	ESCALA:	1/15 000	FECHA:	JUNIO 2003
---------	-------	---------	--------	-----------	-------	---------	----------	--------	------------

**LEYENDA**

CATEGORIA O PRIORIDAD	NIVEL DE PELIGROSIDAD	SIMBOLO
'A'	Situación inminente	●
'A'	Situación alarmante	●
A	Alta peligrosidad	●
B	Peligro con frecuencia media	●
C	Peligro con frecuencia baja	●
D	Peligro con frecuencia muy baja	●



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

PROYECTO: PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO

MAPA: PELIGROS CLIMÁTICOS

PLANO: **14**

FECHA: JUNIO 2003

ESCALA: 1/15 000

APROBADO: E.M.E

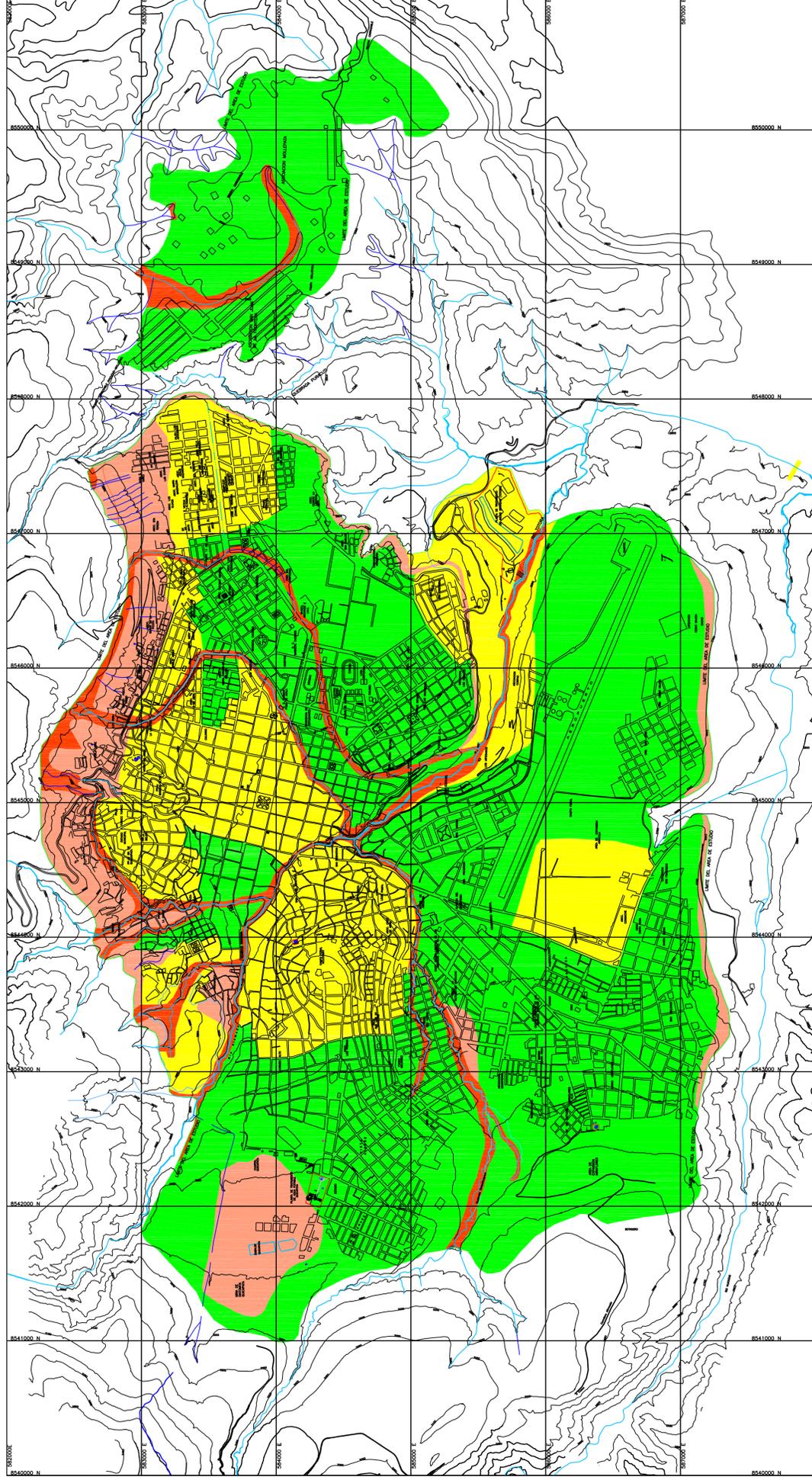
REVISADO: R.C.G.

DIBUJO: J.O.I.

**LEYENDA**

COLOR	DESCRIPCIÓN
■	Zona altamente peligrosa
■	Zona peligrosa
■	Zona de peligro medio
■	Zona de peligro bajo

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	Zona fuera del área de estudio



## LEYENDA

**ZONA ALTAMENTE PELIGROSA**

- Amplificación sísmica muy alta.
- Flujo repentino intenso de agua y sólidos.
- Inundaciones repentinas frecuentes en áreas adyacentes.
- Erosión intensa y cárcavas profundas por acción del agua.
- Derrumbe y agrietamiento del suelo por acción sísmica.

**ZONA PELIGROSA**

- Amplificación sísmica alta.
- Flujo repentino intenso de agua y sólidos.
- Erosión intensa por acción del agua.
- Inundaciones repentinas en puntos críticos.
- Derrumbe y agrietamiento del suelo por acción sísmica.

**ZONA DE PELIGRO MEDIO**

- Amplificación sísmica media.
- Flujo repentino moderado de agua y sólidos.
- Inundaciones repentinas en puntos críticos.

**ZONA DE PELIGRO BAJO**

- Amplificación sísmica baja a media.
- Flujo repentino leve a moderado de agua y sólidos.
- Inundaciones repentinas poco frecuentes en puntos críticos.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Zona Área de Área de estudio, Inundaciones repentinas, Inundaciones repentinas, Inundaciones repentinas.

<b>INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL</b>	
PROYECTO:	PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
SISTEMA:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO
MAPA:	PELIGROS MÚLTIPLES
FECHA:	15
REVISADO:	J.L.S. 000
ELABORADO:	E.M.E.
FECHA:	ENERO 2003

**ANEXO N° 01 :**  
**GEOTECNIA**

**PARÁMETROS DE RESISTENCIA MÁXIMA AL ESFUERZO CORTANTE OBTENIDOS POR PRUEBAS ESPECIALES DEL SUELO DE AYACUCHO**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

PROYECTO	UBICACIÓN	FUENTE	CALICATA	ENSAYO ESPECIAL	TIPO DE SUELO Y ESTADO DE COMPACIDAD	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS DE RESIS.MAX. AL ESFUERZO CORTANTE	
							Cu(Kg/cm2)	φu
CE "Corazón de Jesús"	Asoc. 16 de Abril	INFES	C-36	Corte Directo	SP-SM-Compacto	Alterado	0,00	32.0°
CE "Mariscal Sucre"	Jr.2 de Mayo y Jr.San Martin	INFES	C-S2	Corte Directo	ML-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,75	33.0°
			C-S2	Corte Directo	ML-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,20	25.0°
CE"N.S.De Las Mercedes"	Urb. Jardín	INFES	C-80	Corte Directo	MH-Compacto	Alterado	0,20	26.0°
CE N°38023 Carmen Alto	Av.Mariscal Cáceres s/n	INFES	C-M2	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,90	27.7°
			C-M2	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,30	27.8°
CE"Mariscal Cáceres	Av.Independencia s/n	INFES	C-INF4	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,00	30.0°
			C-INF4	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,00	31.0°
			C-INF8	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,89	35.0°
			C-INF8	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,59	23.0°
CE E.E.M. N° 38867	Jr.Nicaragua 290S.J.Bautista	INFES	C-INF1	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,50	35.2°
			C-INF1	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,10	34.9°
Instituto Tecnológico	Ayacucho-Distrito San Juan	INFES	C-ARZ1	Corte Directo	MH-Muy Blando	Inalterado/saturado	0,10	26.0°
Arzobispado			C-ARZ2	Corte Directo	MH-Blando	Inalterado/saturado	0,35	25.0°
			C-ARZ3	Corte Directo	MH-Muy Blando	Inalterado/saturado	0,30	24.0°
			C-ARZ4	Corte Directo	MH-Muy Blando	Inalterado/saturado	0,30	24.0°
			C-ARZ6	Corte Directo	SM-Compacto (Firme)	Inalterado/saturado	0,00	29.0°
			C-ARZ12	Corte Directo	MH-Medio Compacto	Inalterado/saturado	0,35	26.0°
Reserv. AAPP Quicapata	Quicapata-Carmen Alto	CES	C1(RQ)	Triaxial UU	ML- Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,63	33.0°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Pampa Barrio Mollepata	INDECI	C4(EME)	Corte Directo	ML-Medio	Remoldeado/Humedad Natural	0,00	32.4°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	MarianoMelgarLasNazarenas	INDECI	C9(EME)	Corte Directo	SM-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,04	37.8°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Pie de Carretera Andamarca	INDECI	C13(EME)	Corte Directo	SM-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,04	36.9°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Escuela en Andamarca	INDECI	C14(EME)	Corte Directo	ML-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,05	36.0°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Media Ladera BarrioMiraflores	INDECI	C19(EME)	Corte Directo	GM-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,07	38.0°

**PARAMETROS GEOTECNICOS OBTENIDOS DE ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL PARA SUELOS DE AYACUCHO**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

PROYECTO	UBICACIÓN	FUENTE	CALICATA	TIPO DE SUELO Y ESTADO DE COMPACTACIÓN	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS			
						Rel.de Vacíos Inicial $e_0$	Índice de Compresión $C_c$	Índice de Expansión $C_s$	Presión de Pre Consolidación (Kg/cm <sup>2</sup> )
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH- Media	Inalterada	1,26	0,132	0,020	1,37
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH- Media	Inalterada	1,54	0,144	0,000	1,07
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH-Muy Blanda	Inalterada	1,45	0,203	0,020	1,63
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	SM- Compacto	Inalterada	1,59	0,069	0,000	1,43
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH-Media	Inalterada	1,86	0,560	0,012	1,15

**PARAMETROS FÍSICOS Y MECANICOS DE LAS ROCAS DE AYACUCHO**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

N°	FUENTE	PUNTO DE MUESTREO Y PROCEDENCIA	FECHA	PARAMETROS FÍSICOS				PARAMETROS MECÁNICOS					
				Descripción de la roca	Densidad (Tn/m³)	Porosidad (%)	Absorción (%)	RCS (Kg/cm²)	φ (°)	c (Kg/cm²)	RQD (%)	RMR	Calidad Geomecánica de la Roca
1,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M1:Chacco	08/02/2000	Toba Ayacucho	1,51	12,9	19,61	51,54	-	-	-	-	Media
2,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M2:Chacco	08/02/2000	Toba Ayacucho	1,52	16,67	25,27	57,56	-	-	-	-	Media
3,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M3:Asoc.LosOlivos San Juan	08/02/2000	Aglomerado Volcánico	2,05	4,76	9,75	133,19	-	-	60	50	Media a Buena
4,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M4:Asoc.LosOlivos San Juan	08/02/2000	Aglomerado Volcánico	1,92	4,00	7,7	97,15	-	-	60	50	Media a Buena
5,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	Quicapata-Carmen Alto	02/00	Volcánico Basalto	1,56	-	-	160,00	19	3,9	50	50	Media a Buena
6,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	MR1:Rio Alameda-Pte San Sebastian	02/00	Aglomerado volcánico de matriz fina	1,90	-	-	49,28	24	2,75	60	60	Media a Buena
7,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	MR2:Rio Alameda-Pte. Vía Evitamiento	02/00	Aglomerado volcánico de matriz fina	1,91	-	-	60,37	22	3,16	60	50	Media a Buena
8,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	MR3:Rio Alameda-Aguas abajo. Puente Evitamiento	02/00	Aglomerado volcánico de matriz fina	1,93	-	-	55,69	21	3,29	60	50	Media a Buena
9,0	Mapa de Peligros de Ayacucho	MR1 (EME):Aeropuerto Antiguo	08/03	Volcánico Basalto Poroso	2,00	-	-	884,42	25	2,92	90	60	Buena
10,0	Mapa de Peligros de Ayacucho	MR2 (EME):Av.Ramón Castilla	08/03	Aglomerado volcánico de matriz fina y fragmentos negros basálticos	2,26	-	-	220,89	30	1,19	75	60	Buena

**PARAMETROS GEOMECANICOS DE LAS ROCAS DE AYACUCHO PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

N°	DESCRIPCION DE LA ROCA	PARAMETROS GEOMECANICOS DE RESISTENCIA					CALIDAD DE LA ROCA COMO MATERIAL DE CIMENTACION
		DENSIDAD (Tn/m <sup>3</sup> )	RCS (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ ( ° )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	RMR (Kg/cm <sup>2</sup> )	
1,0	Aglomerado volcanico de matriz fina con incrustaciones de piedras negras basalticas	1,90	100.00 (Máximo) 50.00 (Mínimo)	24°	2,50	50 a 60	<b>Muy buena</b> .- Valores de Capacidad portante > a 4.0 Kg/cm <sup>2</sup> <b>Muy Baja</b> amplificación sísmica
2,0	Basalto volcanico de estructura vacuolar envuelto en matriz limosa	1,60	150.00 (Mínimo) 800.00 (Máximo)	20°	3,00	50 a 60	<b>Muy buena</b> .- Valores de Capacidad portante > a 4.0 Kg/cm <sup>2</sup> <b>Muy Baja</b> amplificación sísmica

**CONTENIDO DE SALES TOTALES, SULFATOS Y PH EN EXCAVACIONES DE SUELOS DE AYACUCHO**

Nº	PROYECTO	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERISTICAS QUIMICAS			
				PH	CE(mmhos)	SALES TOTALES(ppm)	SO4(ppm)
1	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Reser Quicapata	Estrato "B5"	C-3 (RQ)	7,7	0,26	166,4	100
2	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Reser Quicapata	Estrato "B2"	C-2 (RQ)	8	0,22	140,8	100
3	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Tuberia de Rebose	Km 00+680 Estrato "A"	C-3YC-4(TRQ)	7	0,32	204,8	
4	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Tuberia de Rebose	Km 00+370 Estrato "A"	C-1yC-2(TRQ)	7,9	0,3	192	100
5	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 00+850 Estrato "B"	C-4 (RQM)	7,9	0,39	249,6	
6	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 02+360 Estrato "B"	C-10 (RQM)	7,9	1,85	1184	
7	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+220 Estrato "B1"	C-6 (RQM)	8,5	0,8	512	
8	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+685 Estrato "B1"	C-8 (RQM)	7,7	0,46	294,4	
9	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+100 Estrato "B"	C-5 (RQM)	7,9	0,33	211,2	
10	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 00+100 Estrato "B1"	C-0 (RQM)	7,7	0,66	422,4	
11	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 02+780 Estrato "B"	C-12 (RQM)	8	0,57	364,8	
12	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 00+510 Estrato "B1"	C-2 (RQM)	8,2	0,46	294,4	
13	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+370 Estrato "B"	C-7 (RQM)	7,9	0,39	249,6	
14	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 02+550 Estrato "B"	C-11 (RQM)	7,5	0,55	352	
15	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	ENACE-Av.Javier P.de Cuellar	C-1 (AP)		8,46	294	400
16	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Vía los Liber.E.B.Piscotambo	C-4 (AP)		2,62	1677	1400
17	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	FONAVI Av.26 de Enero	C-7 (AP)		0,75	480	600
18	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Carmen Alto Jr.Progreso s/n	C-24 (AP)		1,84	1178	1300
19	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	San Juan A.A.Vivanco a.100	C-28 (AP)		2,34	1498	300
20	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Asoc.La Victoria Av.Vict.MZA	C-29 (AP)		1,1	704	400
21	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	San Juan Av.Cuzco N° 371	C-30 (AP)		0,78	499	500
22	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Canaán-Aeropuerto Sur	C-33 (AP)		0,54	346	Trazas
23	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Libertad de América MzR-4	C-34 (AP)		0,88	563	200
24	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	San Juan de APROVISA	C-37 (AP)		0,34	218	Trazas
25	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Barrio de Miraflores	C-41 (AP)		0,91	582	1400
26	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Santa Elena Av. 9 de Dic 501	C-46 (AP)		0,5	320	600
27	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Urb.Basilio Auqui Mz I-Lote 9	C-1 (A)		0,38	243	500
28	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Campo Universitario UNSCH-1	C-5 (A)		0,48	307	200
29	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Ayacucho-Asoc.Illacruz s/n	C-9 (A)		0,71	454	800
30	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Emisor Princ.Terren-Cultivo 2	C-13 (A)		0,52	333	300
31	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Emisor Princ.Final 2ºAcued.	C-15 (A)		2,67	1709	600
32	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Ayac-Jr.Glorieta-Jr.Arequipa	C-20 (A)		1,95	1248	500
33	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Carmen Alto-Av.C.Alto-Grifo	C-23 (A)		4,67	2989	180
34	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	San Juan-Av.A.Vivanco A.100	C-27 (A)		2,34	1498	200
35	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Asoc.La Victoria Av.Vict.MZA	C-28 (A)		1,1	704	400
36	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Asoc.La Vict.Av.Bolognesi	C-29 (A)		1,32	845	300
37	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Vista Alegre.Av.Casuarinas	C-31 (A)		0,45	288	400
38	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Canaán-Aeropuerto Sur	C-33 (A)		0,54	346	Trazas
39	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Santa Elena Av. 9 de Dic 501	C-36 (A)		0,5	320	600
40	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Santa Elena Av.9deDic s/n	C-37 (A)		0,67	429	100

**ANEXO N° 02 :**  
**HIDROLOGIA**

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones menores a 3 horas

$$I_t, T_r = a(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123<sub>g</sub>**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

TABLA 04

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	10,00	0,0346	0,3460	100
2	20,00	0,0421	0,8413	400
3	30,00	0,0491	1,4739	900
4	40,00	0,0559	2,2354	1600
5	50,00	0,0624	3,1193	2500
6	60,00	0,0687	4,1206	3600
7	70,00	0,0748	5,2352	4900
8	80,00	0,0807	6,4596	6400
9	90,00	0,0866	7,7908	8100
10	100,00	0,0923	9,2261	10000
11	110,00	0,0978	10,7632	12100
12	120,00	0,1033	12,4001	14400
13	130,00	0,1087	14,1348	16900
14	140,00	0,1140	15,9656	19600
15	150,00	0,1193	17,8909	22500
16	160,00	0,1244	19,9093	25600
17	170,00	0,1295	22,0195	28900
18	180,00	0,1346	24,2201	32400

Σ 1710,00 1,5788 178,1517 210900

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones menores a 3 horas

$$I_t, T_r = a(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123<sub>g</sub>**

a 30,25  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	10,00	0,0312	0,3125	100
2	20,00	0,0380	0,7599	400
3	30,00	0,0444	1,3312	900
4	40,00	0,0505	2,0190	1600
5	50,00	0,0563	2,8173	2500
6	60,00	0,0620	3,7217	3600
7	70,00	0,0675	4,7284	4900
8	80,00	0,0729	5,8342	6400
9	90,00	0,0782	7,0365	8100
10	100,00	0,0833	8,3329	10000
11	110,00	0,0884	9,7212	12100
12	120,00	0,0933	11,1996	14400
13	130,00	0,0982	12,7663	16900
14	140,00	0,1030	14,4199	19600
15	150,00	0,1077	16,1588	22500
16	160,00	0,1124	17,9818	25600
17	170,00	0,1170	19,8877	28900
18	180,00	0,1215	21,8753	32400

Σ 1710,00 1,4260 160,9040 210900

$\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000581254$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,0324943$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 1720,4191 \quad b = \frac{a_1}{b_1} = 55,90381489$$

 $\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,00052498$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,029348381$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 1904,8347 \quad b = \frac{a_1}{b_1} = 55,90381489$$

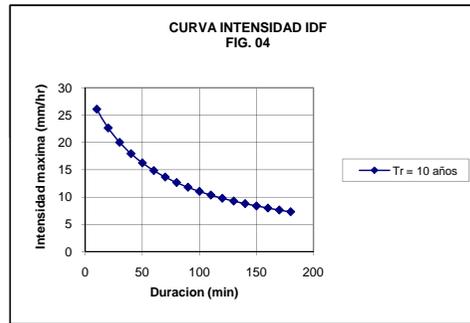
TABLA 05

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D} \quad a = 1720,4191 \quad b = 55,90381489$$

Tr = 10 años

D (min)	$i_{\max}$
10	26,11
20	22,67
30	20,03
40	17,94
50	16,25
60	14,84
70	13,66
80	12,66
90	11,79
100	11,04
110	10,37
120	9,78
130	9,25
140	8,78
150	8,36
160	7,97
170	7,62
180	7,29

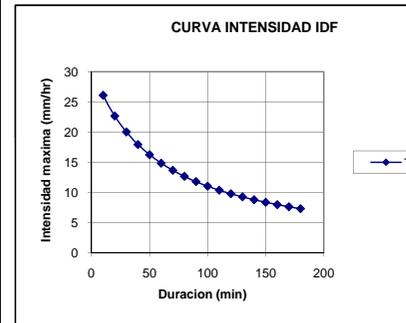


Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D} \quad a = 1904,8347 \quad b = 55,90381489$$

Tr = 20 años

D (min)	$i_{\max}$
10	28,90
20	25,10
30	22,17
40	19,86
50	17,99
60	16,43
70	15,13
80	14,02
90	13,06
100	12,22
110	11,48
120	10,83
130	10,25
140	9,72
150	9,25
160	8,82
170	8,43
180	8,07



CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones menores a 3 horas

$$I_t, T_r = a(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123g**

a 30,25  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	10,00	0,0296	0,2957	100
2	20,00	0,0360	0,7192	400
3	30,00	0,0420	1,2599	900
4	40,00	0,0478	1,9107	1600
5	50,00	0,0533	2,6663	2500
6	60,00	0,0587	3,5222	3600
7	70,00	0,0639	4,4749	4900
8	80,00	0,0690	5,5215	6400
9	90,00	0,0740	6,6594	8100
10	100,00	0,0789	7,8863	10000
11	110,00	0,0836	9,2002	12100
12	120,00	0,0883	10,5993	14400
13	130,00	0,0929	12,0821	16900
14	140,00	0,0975	13,6470	19600
15	150,00	0,1020	15,2927	22500
16	160,00	0,1064	17,0180	25600
17	170,00	0,1107	18,8218	28900
18	180,00	0,1150	20,7028	32400
<b>Σ</b>	<b>1710,00</b>	<b>1,3496</b>	<b>152,2800</b>	<b>210900</b>

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones menores a 3 horas

$$I_t, T_r = a(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123g**

a 30,25  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	10,00	0,0277	0,2770	100
2	20,00	0,0337	0,6737	400
3	30,00	0,0393	1,1802	900
4	40,00	0,0447	1,7899	1600
5	50,00	0,0500	2,4976	2500
6	60,00	0,0550	3,2994	3600
7	70,00	0,0599	4,1919	4900
8	80,00	0,0647	5,1723	6400
9	90,00	0,0693	6,2381	8100
10	100,00	0,0739	7,3874	10000
11	110,00	0,0783	8,6182	12100
12	120,00	0,0827	9,9289	14400
13	130,00	0,0871	11,3178	16900
14	140,00	0,0913	12,7838	19600
15	150,00	0,0955	14,3254	22500
16	160,00	0,0996	15,9416	25600
17	170,00	0,1037	17,6312	28900
18	180,00	0,1077	19,3933	32400
<b>Σ</b>	<b>1710,00</b>	<b>1,2642</b>	<b>142,6477</b>	<b>210900</b>

$\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000496842$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,027775382$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2012,7109 \quad b = \frac{a_1}{b_1} = 55,90381489$$

 $\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000465415$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,026018488$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2148,6189 \quad b = \frac{a_1}{b_1} = 55,90381489$$

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

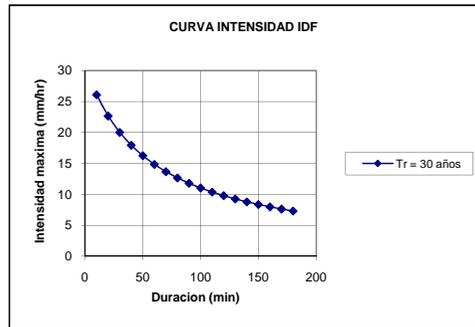
2012,7109

b

55,90381489

Tr = 30 años

D (min)	$i_{\max}$
10	30,54
20	26,52
30	23,43
40	20,99
50	19,01
60	17,37
70	15,99
80	14,81
90	13,79
100	12,91
110	12,13
120	11,44
130	10,83
140	10,27
150	9,78
160	9,32
170	8,91
180	8,53



Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

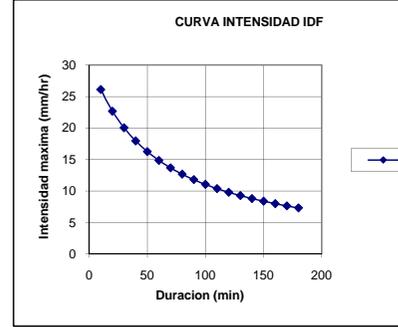
2148,6189

b

55,90381489

Tr = 50 años

D (min)	$i_{\max}$
10	32,60
20	28,31
30	25,01
40	22,40
50	20,29
60	18,54
70	17,07
80	15,81
90	14,73
100	13,78
110	12,95
120	12,21
130	11,56
140	10,97
150	10,44
160	9,95
170	9,51
180	9,11



Tr = 20 años

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones menores a 3 horas

$$I_t, T_r = a(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123g**

a 30,25  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	10,00	0,0266	0,2660	100
2	20,00	0,0323	0,6467	400
3	30,00	0,0378	1,1330	900
4	40,00	0,0430	1,7183	1600
5	50,00	0,0480	2,3977	2500
6	60,00	0,0528	3,1674	3600
7	70,00	0,0575	4,0242	4900
8	80,00	0,0621	4,9654	6400
9	90,00	0,0665	5,9886	8100
10	100,00	0,0709	7,0919	10000
11	110,00	0,0752	8,2735	12100
12	120,00	0,0794	9,5317	14400
13	130,00	0,0836	10,8652	16900
14	140,00	0,0877	12,2725	19600
15	150,00	0,0917	13,7524	22500
16	160,00	0,0956	15,3040	25600
17	170,00	0,0996	16,9260	28900
18	180,00	0,1034	18,6176	32400

Σ 1710,00 1,2136 136,9421 210900

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones menores a 3 horas

$$I_t, T_r = a(1 + K \log T_r)(t + 0.4)^{n-1}$$

Region Hidrologica : **123g**

a 30,25  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	10,00	0,0255	0,2551	100
2	20,00	0,0310	0,6204	400
3	30,00	0,0362	1,0869	900
4	40,00	0,0412	1,6484	1600
5	50,00	0,0460	2,3002	2500
6	60,00	0,0506	3,0386	3600
7	70,00	0,0552	3,8605	4900
8	80,00	0,0595	4,7634	6400
9	90,00	0,0638	5,7451	8100
10	100,00	0,0680	6,8035	10000
11	110,00	0,0722	7,9370	12100
12	120,00	0,0762	9,1440	14400
13	130,00	0,0802	10,4232	16900
14	140,00	0,0841	11,7733	19600
15	150,00	0,0880	13,1930	22500
16	160,00	0,0918	14,6815	25600
17	170,00	0,0955	16,2375	28900
18	180,00	0,0992	17,8603	32400

Σ 1710,00 1,1643 131,3720 210900

$\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,0004468$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,02497781$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2238,1392$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 55,90381489$$

 $\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000428626$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,023961846$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2333,0345$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 55,90381489$$

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{max} = \frac{a}{b + D}$$

a

2238,1392  
b 55,90381489

Ecuacion de TALBOT:

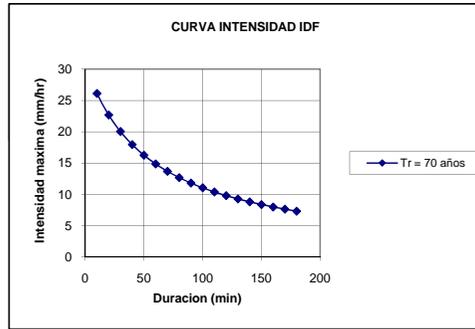
$$i_{max} = \frac{a}{b + D}$$

a

2333,0345  
b 55,90381489

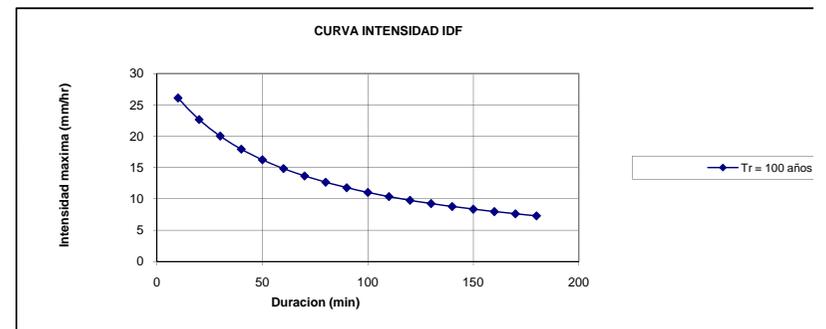
Tr = 70 años

D (min)	$i_{max}$
10	33,96
20	29,49
30	26,05
40	23,34
50	21,13
60	19,31
70	17,78
80	16,47
90	15,34
100	14,36
110	13,49
120	12,72
130	12,04
140	11,42
150	10,87
160	10,37
170	9,91
180	9,49



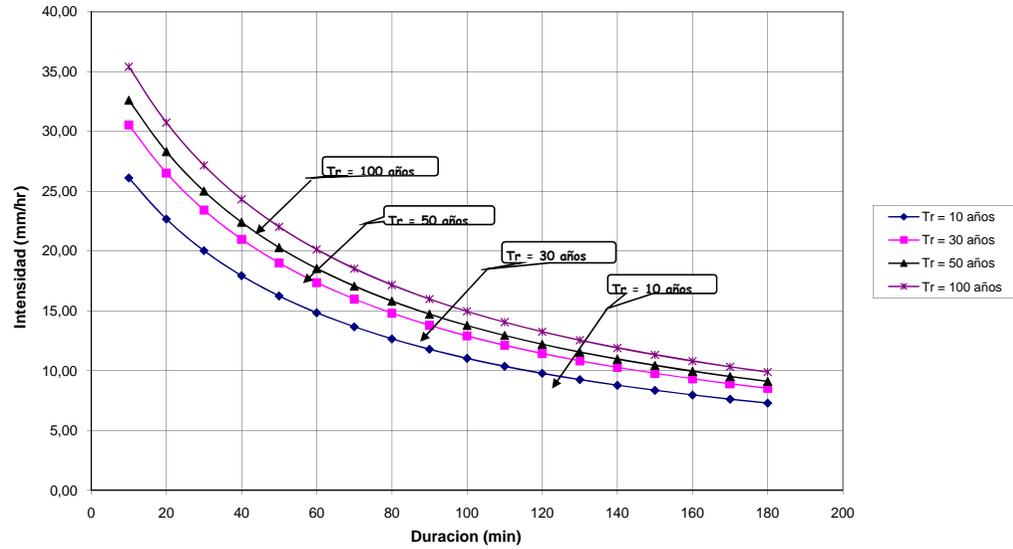
Tr = 100 años

D (min)	$i_{max}$
10	35,40
20	30,74
30	27,16
40	24,33
50	22,03
60	20,13
70	18,53
80	17,17
90	15,99
100	14,96
110	14,06
120	13,26
130	12,55
140	11,91
150	11,33
160	10,81
170	10,33
180	9,89



Tr = 50 años

***CURVAS IDF - AYACUCHO***  
***Duraciones menores a 03 hrs***  
***Fig. 05***



CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones entre 3 y 24 horas

$$I_{t,T_r} = a(1 + K \log T_r)t^{n-1}$$

Region Hidrologica **123<sub>g</sub>**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	190,00	0,1275	24,2244	36100
2	200,00	0,1326	26,5103	40000
3	210,00	0,1375	28,8846	44100
4	220,00	0,1425	31,3461	48400
5	230,00	0,1474	33,8939	52900
6	240,00	0,1522	36,5272	57600
7	250,00	0,1570	39,2449	62500
8	260,00	0,1617	42,0463	67600
9	270,00	0,1664	44,9306	72900
10	280,00	0,1711	47,8970	78400
11	290,00	0,1757	50,9448	84100
12	300,00	0,1802	54,0734	90000
13	310,00	0,1848	57,2820	96100
14	320,00	0,1893	60,5701	102400
15	330,00	0,1937	63,9370	108900
16	340,00	0,1982	67,3821	115600
17	350,00	0,2026	70,9049	122500
18	360,00	0,2070	74,5048	129600

Σ 4950,00 3,0273 855,1044 1409700

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones entre 3 y 24 horas

$$I_{t,T_r} = a(1 + K \log T_r)t^{n-1}$$

Region Hidrologica **123<sub>g</sub>**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	190,00	0,1152	21,8791	36100
2	200,00	0,1197	23,9438	40000
3	210,00	0,1242	26,0881	44100
4	220,00	0,1287	28,3113	48400
5	230,00	0,1331	30,6125	52900
6	240,00	0,1375	32,9908	57600
7	250,00	0,1418	35,4454	62500
8	260,00	0,1461	37,9756	67600
9	270,00	0,1503	40,5806	72900
10	280,00	0,1545	43,2599	78400
11	290,00	0,1587	46,0126	84100
12	300,00	0,1628	48,8383	90000
13	310,00	0,1669	51,7363	96100
14	320,00	0,1710	54,7060	102400
15	330,00	0,1750	57,7469	108900
16	340,00	0,1790	60,8585	115600
17	350,00	0,1830	64,0403	122500
18	360,00	0,1869	67,2917	129600

Σ 4950,00 2,7342 772,3179 1409700

$\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000466639$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,039855296$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2142,9852$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 85,4093106$$

 $\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000421461$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,035996726$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2372,6966$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 85,4093106$$

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

2142,9852  
85,4093106

Ecuacion de TALBOT:

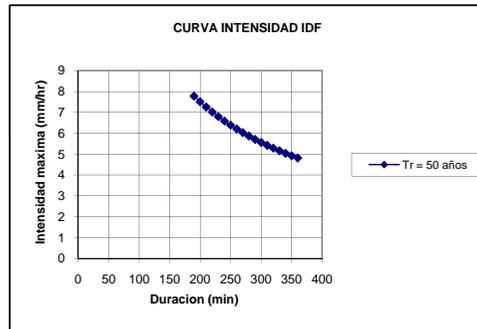
$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

2372,6966  
85,4093106

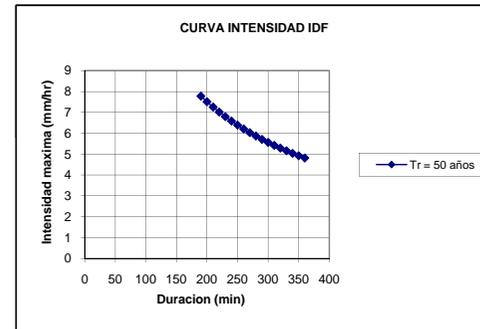
Tr = 10 años

D (min)	$i_{\max}$
190	7,78
200	7,51
210	7,25
220	7,02
230	6,79
240	6,59
250	6,39
260	6,20
270	6,03
280	5,86
290	5,71
300	5,56
310	5,42
320	5,29
330	5,16
340	5,04
350	4,92
360	4,81



Tr = 20 años

D (min)	$i_{\max}$
190	8,62
200	8,31
210	8,03
220	7,77
230	7,52
240	7,29
250	7,07
260	6,87
270	6,68
280	6,49
290	6,32
300	6,16
310	6,00
320	5,85
330	5,71
340	5,58
350	5,45
360	5,33



CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones entre 3 y 24 horas

$$I_{t, T_r} = a(1 + K \log T_r)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	190,00	0,1090	20,7065	36100
2	200,00	0,1133	22,6604	40000
3	210,00	0,1176	24,6899	44100
4	220,00	0,1218	26,7939	48400
5	230,00	0,1260	28,9718	52900
6	240,00	0,1301	31,2226	57600
7	250,00	0,1342	33,5456	62500
8	260,00	0,1382	35,9402	67600
9	270,00	0,1422	38,4056	72900
10	280,00	0,1462	40,9413	78400
11	290,00	0,1502	43,5465	84100
12	300,00	0,1541	46,2207	90000
13	310,00	0,1579	48,9634	96100
14	320,00	0,1618	51,7739	102400
15	330,00	0,1656	54,6519	108900
16	340,00	0,1694	57,5967	115600
17	350,00	0,1732	60,6079	122500
18	360,00	0,1769	63,6850	129600
<b>Σ</b>	<b>4950,00</b>	<b>2,5876</b>	<b>730,9236</b>	<b>1409700</b>

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones entre 3 y 24 horas

$$I_{t, T_r} = a(1 + K \log T_r)^{n-1}$$

Region Hidrologica **123**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	180,00	0,0980	17,6380	32400
2	190,00	0,1021	19,3967	36100
3	200,00	0,1061	21,2271	40000
4	210,00	0,1101	23,1282	44100
5	220,00	0,1141	25,0991	48400
6	230,00	0,1180	27,1392	52900
7	240,00	0,1219	29,2476	57600
8	250,00	0,1257	31,4237	62500
9	260,00	0,1295	33,6669	67600
10	270,00	0,1332	35,9763	72900
11	280,00	0,1370	38,3516	78400
12	290,00	0,1407	40,7920	84100
13	300,00	0,1443	43,2971	90000
14	310,00	0,1480	45,8663	96100
15	320,00	0,1516	48,4990	102400
16	330,00	0,1551	51,1949	108900
17	340,00	0,1587	53,9535	115600
18	350,00	0,1622	56,7742	122500
<b>Σ</b>	<b>4770,00</b>	<b>2,3562</b>	<b>642,6713</b>	<b>1312500</b>

$\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000398872$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,034067392$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2507,0692$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 85,4093106$$

 $\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000377104$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,030968929$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2651,7856$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 82,12296021$$

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

b

2507,0692  
85,4093106

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

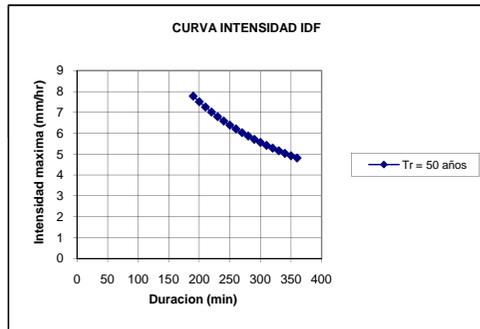
a

b

2651,7856  
82,12296021

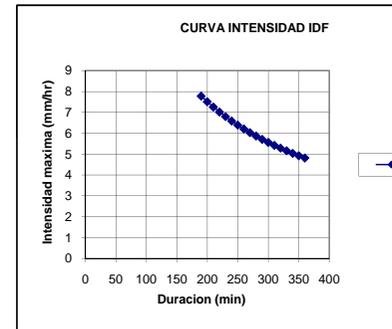
Tr = 30 años

D (min)	$i_{\max}$
190	9,10
200	8,78
210	8,49
220	8,21
230	7,95
240	7,70
250	7,47
260	7,26
270	7,05
280	6,86
290	6,68
300	6,50
310	6,34
320	6,18
330	6,04
340	5,89
350	5,76
360	5,63



Tr = 50 años

D (min)	$i_{\max}$
190	9,74
200	9,40
210	9,08
220	8,78
230	8,50
240	8,23
250	7,98
260	7,75
270	7,53
280	7,32
290	7,13
300	6,94
310	6,76
320	6,59
330	6,43
340	6,28
350	6,14
360	6,00



CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones entre 3 y 24 horas

$$I_{t,T_r} = a(1 + K \log T_r)t^{n-1}$$

Region Hidrologica **123g**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	190,00	0,0980	18,6209	36100
2	200,00	0,1019	20,3780	40000
3	210,00	0,1057	22,2031	44100
4	220,00	0,1095	24,0952	48400
5	230,00	0,1133	26,0537	52900
6	240,00	0,1170	28,0778	57600
7	250,00	0,1207	30,1669	62500
8	260,00	0,1243	32,3203	67600
9	270,00	0,1279	34,5374	72900
10	280,00	0,1315	36,8176	78400
11	290,00	0,1350	39,1604	84100
12	300,00	0,1386	41,5653	90000
13	310,00	0,1420	44,0317	96100
14	320,00	0,1455	46,5592	102400
15	330,00	0,1489	49,1472	108900
16	340,00	0,1523	51,7955	115600
17	350,00	0,1557	54,5034	122500
18	360,00	0,1591	57,2706	129600
Σ	4950,00	2,3270	657,3040	1409700

CURVAS IDF - AYACUCHO

FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI

Para duraciones entre 3 y 24 horas

$$I_{t,T_r} = a(1 + K \log T_r)t^{n-1}$$

Region Hidrologica **123g**

a 12,1  
K 0,553  
n 0,242

METODO DE MINIMOS CUADRADOS

i	X = D	y = 1/i	X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	190,00	0,0940	17,8635	36100
2	200,00	0,0977	19,5492	40000
3	210,00	0,1014	21,3000	44100
4	220,00	0,1051	23,1151	48400
5	230,00	0,1087	24,9940	52900
6	240,00	0,1122	26,9357	57600
7	250,00	0,1158	28,9398	62500
8	260,00	0,1193	31,0056	67600
9	270,00	0,1227	33,1326	72900
10	280,00	0,1261	35,3201	78400
11	290,00	0,1295	37,5676	84100
12	300,00	0,1329	39,8746	90000
13	310,00	0,1363	42,2407	96100
14	320,00	0,1396	44,6654	102400
15	330,00	0,1429	47,1482	108900
16	340,00	0,1461	49,6887	115600
17	350,00	0,1494	52,2865	122500
18	360,00	0,1526	54,9411	129600
Σ	4950,00	2,2324	630,5684	1409700

$\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000358697$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,030636081$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2787,8667$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 85,4093106$$

 $\Sigma$ 

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0,000344107$$

$$a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,029389969$$

$$a = \frac{1}{b_1} = 2906,0701$$

$$b = \frac{a_1}{b_1} = 85,4093106$$

Ecuacion de TALBOT:

$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

2787,8667  
85,4093106

Ecuacion de TALBOT:

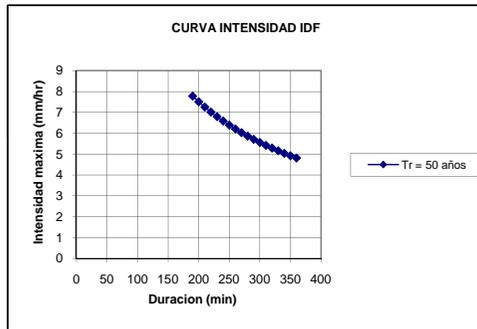
$$i_{\max} = \frac{a}{b + D}$$

a

2906,0701  
85,4093106

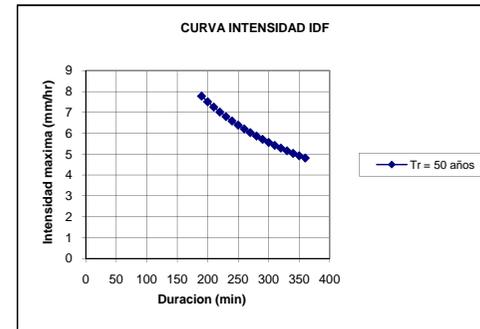
Tr = 70 años

D (min)	$i_{\max}$
190	10,12
200	9,77
210	9,44
220	9,13
230	8,84
240	8,57
250	8,31
260	8,07
270	7,84
280	7,63
290	7,43
300	7,23
310	7,05
320	6,88
330	6,71
340	6,55
350	6,40
360	6,26

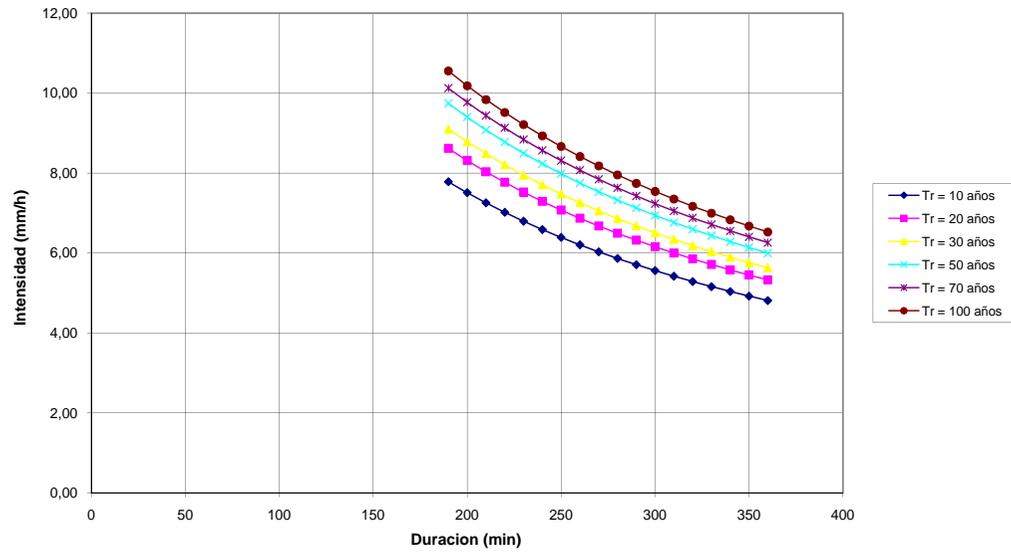


Tr = 100 años

D (min)	$i_{\max}$
190	10,55
200	10,18
210	9,84
220	9,52
230	9,21
240	8,93
250	8,66
260	8,41
270	8,18
280	7,95
290	7,74
300	7,54
310	7,35
320	7,17
330	7,00
340	6,83
350	6,67
360	6,52



*CURVAS IDF - AYACUCHO*  
*Duraciones entre 03 y 24 horas*  
*Fig. 06*



**TABLA 11**  
**PRECIPITACION DE DISEÑO - AYACUCHO**  
**FORMULAS IILA - SENHAMI - UNI**  
 Para duraciones entre 3 y 24 horas

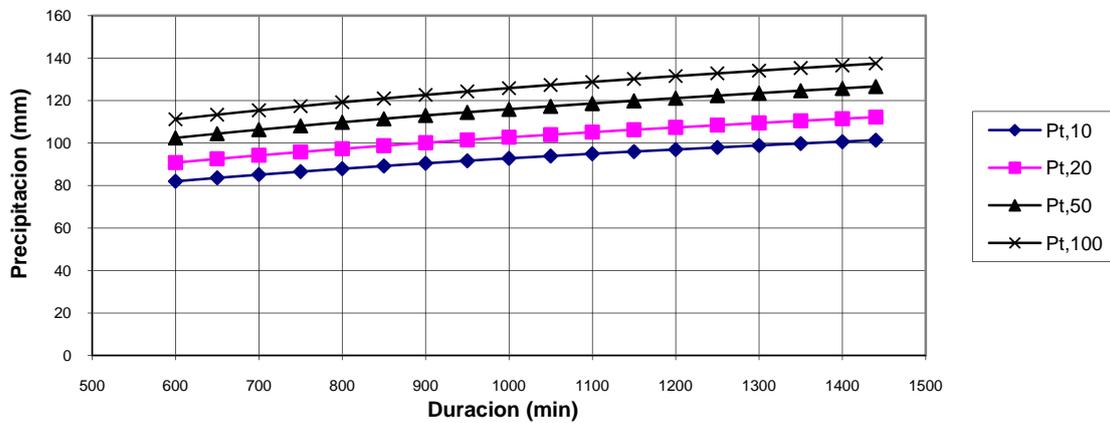
$$P_t, T_r = a(1 + K \log T_r)^n$$

Region Hidrologica **1239**

a                    30,25  
 K                    0,553  
 n                    0,242

D (min)	P <sub>t,10</sub>	P <sub>t,20</sub>	P <sub>t,50</sub>	P <sub>t,100</sub>
600	82,016	90,807	102,429	111,220
650	83,620	92,583	104,432	113,396
700	85,133	94,259	106,322	115,448
750	86,566	95,846	108,112	117,391
800	87,929	97,354	109,814	119,239
850	89,229	98,793	111,437	121,001
900	90,471	100,169	112,989	122,687
950	91,663	101,488	114,477	124,303
1000	92,808	102,756	115,907	125,855
1050	93,910	103,976	117,284	127,350
1100	94,973	105,154	118,611	128,792
1150	96,000	106,291	119,894	130,185
1200	96,994	107,391	121,135	131,532
1250	97,957	108,457	122,338	132,838
1300	98,891	109,492	123,505	134,105
1350	99,799	110,496	124,638	135,336
1400	100,681	111,473	125,740	136,532
1440	101,370	112,236	126,600	137,466

***PRECIPITACION DE DISEÑO 3 - 24 horas***  
***SEGÚN IILA - AYACUCHO***  
***Fig. 10***



## HOJA DE CALCULO 1: NUMERO DE CURVA Y ESCORRENTIA

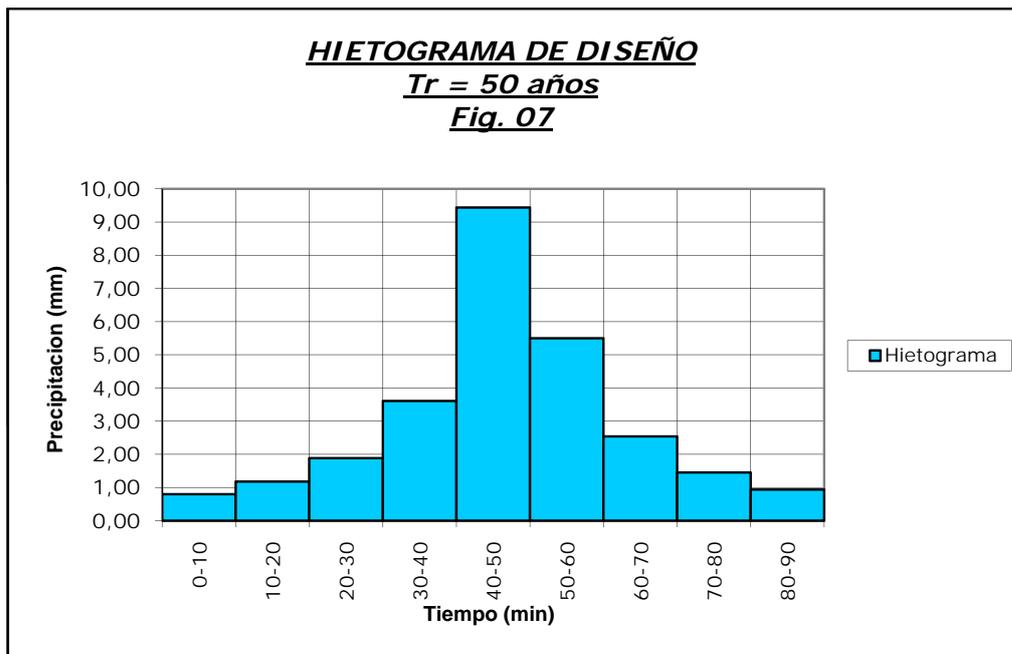
PROYECTO: Mapa de Peligros - Ayacucho		Elaborado por: Ing. Joel Ore Iwanaga		Fecha		
UBICACIÓN:		Revisado: Ing. Erasmo Matos Espinoza		Fecha		
Elegir uno <input type="checkbox"/> Presente <input type="checkbox"/> Desarrollado: Ing. Joel Ore Iwanaga						
<b>1. NUMERO DE CURVA DE ESCORRENTIA</b>						
Nombre del Suelo y Grupo Hidrologico	Descripcion del area	CN			Area	Producto de CN x area
		Tabla 2.2	Figura 2.3	Figura 2.4		
		TOTAL →				
CN (ponderado)	$\frac{\text{Producto total}}{\text{area total}}$	Use CN →				
<b>2. ESCORRENTIA</b>						
		Tormenta #1	Tormenta #2	Tormenta #3		
Frecuencia						
Lluvia, P (24 horas)						
Escorrentia, Pe						
(Use P y Cn con la tabla 2.1 - Figura 2.1 o ecuacion 2-3 y 2-4)						

**HOJA DE CALCULO 3: TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc) O TIEMPO DE VIAJE (Tt)**

PROYECTO: Mapa de Peligros - Ayacucho	Elaborado por: Ing. Joel Ore Iwanaga	Fecha		
UBICACIÓN:	Revisado: Ing. Erasmo Matos Espinoza	Fecha		
Elegir uno <input type="checkbox"/> Presente <input type="checkbox"/>	Desarrollado: Ing. Joel Ore Iwanaga			
Elegir uno <input type="checkbox"/> Tc <input type="checkbox"/>	Tt a traves de subarea			
<p>Nota: La formula para determinar el tiempo de concentracion corresponde a: "Ecuaciones de Onda Cinematica propuesta por Morgali y Linsley (1965)".</p>				
<b>Flujo en lamina (Aplicable solo a Tc)</b>				
	Segmento ID	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>		
1. Descripcion de la superficie				
2. Longitud del flujo superficial	m			
3. Coeficiente de rugosidad de mannig, n (Tabla )				
4. Intensidad de lluvia	mm/h			
5. Pendiente promedio del terreno	m/m			
6	Calcular Tc hr			
$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{i^{0.4}.S^{0.3}}$				
<b>Flujo concentrado superficial</b>				
	Segmento ID	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>		
7. Descripcion de la superficie (pavimentado o no pavimentado)				
8. Longitud del flujo, L	m			
9. Pendiente del curso de agua, S	m/m			
10. Velocidad promedio, V (Figura 3.1)	m/s			
11	Calcular Tc hr			
$t_c = \frac{L}{3600V}$				
<b>Flujo en canales</b>				
	Segmento ID	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>		
12. Area de flujo de la seccion transversal, A	m <sup>2</sup>			
13. Perimetro mojado, P	m			
14. Radio Hidraulico R=A/P	m			
15. Pendiente del canal, S	m/m			
16. Coeficiente de rugosidad del canal, n				
17	m/s			
$V = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n}$				
18. Longitud del flujo, L	m			
19	Calcular Tc hr			
$t_c = \frac{L}{3600V}$				
20. Tc total		<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>		

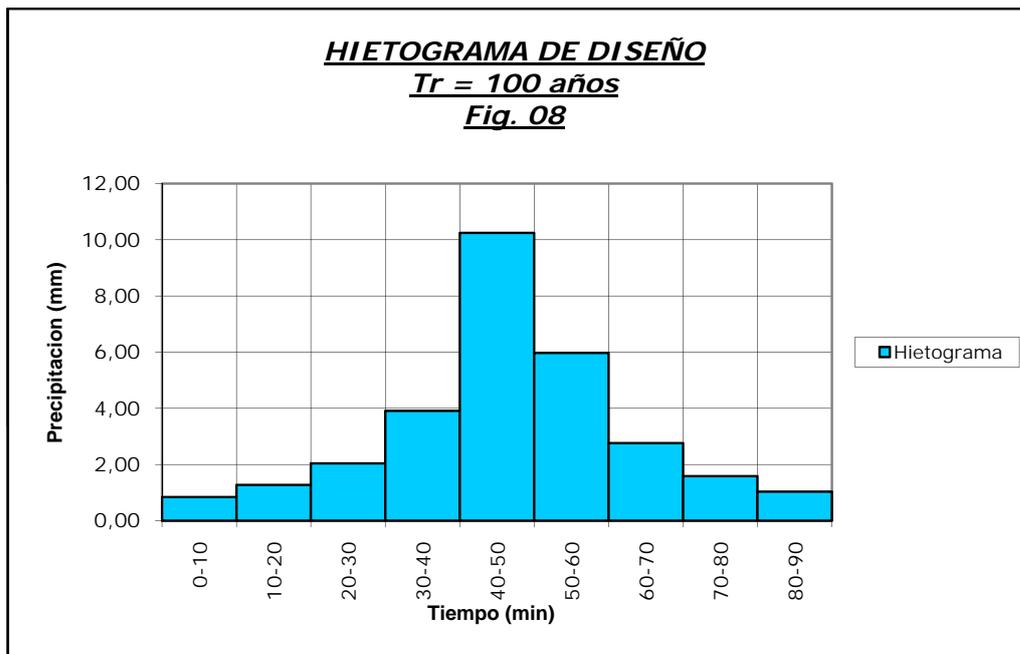
**TABLA 08**  
**HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO PARA UNA PARA UNA TORMENTA**  
**DE 50 AÑOS Y 3 HORAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO UTILIZANDO EL METODO**  
**DEL BLOQUE ALTERNO**

DURACION (min)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (min)	PRECIPITACION (mm)
20	28,31	9,437	9,44	0-10	0,80
40	22,40	14,933	5,50	10-20	1,18
60	18,54	18,540	3,61	20-30	1,89
80	15,81	21,080	2,54	30-40	3,61
100	13,78	22,967	1,89	40-50	9,44
120	12,21	24,420	1,45	50-60	5,50
140	10,97	25,597	1,18	60-70	2,54
160	9,95	26,533	0,94	70-80	1,45
180	9,11	27,330	0,80	80-90	0,94



**TABLA 09**  
**HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO PARA UNA PARA UNA TORMENTA**  
**DE 100 AÑOS Y 3 HORAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO UTILIZANDO EL METODO**  
**DEL BLOQUE ALTERNO**

DURACION (min)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (min)	PRECIPITACION (mm)
20	30,74	10,247	10,25	0-10	0,84
40	24,33	16,220	5,97	10-20	1,27
60	20,13	20,130	3,91	20-30	2,04
80	17,17	22,893	2,76	30-40	3,91
100	14,96	24,933	2,04	40-50	10,25
120	13,26	26,520	1,59	50-60	5,97
140	11,91	27,790	1,27	60-70	2,76
160	10,81	28,827	1,04	70-80	1,59
180	9,89	29,670	0,84	80-90	1,04



**RESUMEN DE RESULTADOS PARA CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS Y PRECIPITACION EN EXCESO OBTENIDA**

**TABLA 13**

Subcuenca	P total (mm)	Perdida total (mm)	Exceso total (mm)	Escorrentia directa total (mm)	Total flujo base (mm)	Descarga total (mm)
1	29,70	11,50	18,20	18,20	0,00	18,20
2	29,70	11,50	18,20	18,20	0,00	18,20
3	29,70	7,00	22,60	22,60	0,00	22,60
4	29,70	7,70	22,00	22,00	0,00	22,00
5	29,70	0,20	29,40	29,40	0,00	29,40
6	29,70	0,60	29,00	29,00	0,00	29,00
7	29,70	1,20	28,50	28,50	0,00	28,50
8	29,70	1,20	28,50	28,50	0,00	28,50
9	29,70	1,20	28,50	28,50	0,00	28,50
10	29,70	1,20	28,50	28,50	0,00	28,50
11	29,70	1,80	27,90	27,90	0,00	27,90
12	29,70	2,80	26,90	26,90	0,00	26,90
13	29,70	9,30	20,40	20,40	0,00	20,40
14	29,70	10,50	19,20	19,20	0,00	19,20
15	29,70	11,80	17,90	17,90	0,00	17,90
16	29,70	9,60	20,10	20,10	0,00	20,10
17	29,70	2,80	26,90	26,90	0,00	26,90

## 1. QUEBRADA AQOHUAYQO

TABLA 15

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Asentamiento Humano 11 de Junio - Manzana J	Reduccion excesiva de la seccion transversal del cauce	●	'A'	Realizar un encauzamiento, mediante muros de concreto.	Antecedentes de caida de casas
Asentamiento Humano 11 de Junio - Manzana I	Reduccion excesiva de la seccion transversal del cauce	●	'A'	Realizar un encauzamiento, mediante muros de concreto.	Antecedentes de caida de casas
Av. Javier Perez de Cuellar	Canal sin revestir de profundidad de hasta 6 m.	●	"A"	Construccion de canal cubierto	Antecedentes de muerte de personas del lugar.

## 2. QUEBRADA YANAQAQA

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Yanaqaqa 3	Obstruccion de la alcantarilla de desfogue de la quebrada	●	"A"	Limpieza de la seccion trasversal de la alcantarilla	
Yanaqaqa 3	Construccion de vivienda en medio de la quebrada	●	"A"	Encauzamiento de la Quebrada Yanaqaqa 3 hasta el canal de concreto que se encuentra aguas abajo	
Jr. Uripa - Yanaqaqa 2	Arrastre de sedimentos de la parte alta de la cuenca	●	C	Limpieza permanente en epocas de lluvias	
Yanaqaqa 2	Reduccion de la seccion transversal del cauce de la quebrada	●	'A'	Construccion de canal de concreto	Antecedentes de caida de viviendas
Yanaqaqa 1	Reduccion de la seccion transversal del cauce de la quebrada	●	A	Encauzamiento de la quebrada mediante un canal de concreto	
Capilla Maravillas	Reduccion de la seccion transversal zona sin revestir	●	B	Limpieza del cauce	Antecedentes de desborde y caida de viviendas
Interseccion de la Qda. Yanaqaqa con Garcilazo de la Vega	Puente de seccion pequeña En epocas de lluvia se obstruye	●	"A"	Ampliacion de la seccion transversal del puente	Antecedentes de obstruccion debido a la gran cantidad de sedimentos que se acumula

2. QUEBRADA YANAQAQA  
 TABLA 14 - CONTINUACION

Esquina Jr. Quinoa con Jr. Asamblea	Cosntruccion de techo provisional de maderas sobre el canal Yanaqaqa	●	D	Eliminacion de techo provisional	
Interseccion de la Qda. con la Av. Mariscal Caceres	Obstruccion de canal verteder, desde la Av. Mariscal Caceres a la Quebrada Yanaqaqa	●	B	Ampliacion del sumidero lateral en el Puente de la Av. Mca. Caceres con la Quebrada Yanaqaqa	Obstruccion del sumidero en en epocas de lluvias

### 3. QUEBRADA JR. LIMA

Lugar	Problemas	Símbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Interseccion Jr. Lima y Jr. Jose Olaya	Generacion de transporte de sedimentos	●	C	Construccion de colector pluvial	Erosion
Interseccion Jr. Lima y Jr. Libertad	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	
Interseccion Jr. Lima y Jr. Grau	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	
Interseccion Jr. Lima y Jr. 28 de Julio	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	
Interseccion Jr. Lima y Jr. 2 de Mayo	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	

4. QUEBRADA JR. SAN MARTIN

TABLA 14 - CONTINUACION

Lugar	Problemas	Símbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Inicio de la quebrada, en la interseccion con la via Libertadores	Reduccion de la seccion transversal de la quebrada y erosion de la misma	●	A	Construccion de un canal cubierto	Inundacion de viviendas
Prolongacion San Martin a la altura de Barrios Altos	Reduccion de la seccion transversal de la quebrada y erosion de la misma	●	A	Construccion de un canal cubierto	Inundacion de viviendas
Prolongacion San Martin	Generacion de transporte de sedimentos	●		Cosntruccion de canal cubierto	Erosion de sedimentos
Interseccion Jr. San Martin y Jr. Libertad	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	
Interseccion Jr. San Martin y Jr. Grau	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	
Interseccion Jr. San Martin y Jr. 28 de Julio	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	
Interseccion Jr. San Martin y Jr. 2 de Mayo	Acumulacion de sedimentos en epocas de lluvias	●	B	Construccion de colector pluvial	

5. QUEBRADA JR. AQOPAMPA

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Inicio de la Quebrada en el Cerro La Picota	Control de sedimentos mediante muros, totalmente colmatado	●	'A'	Limpieza de sedimentos	Paso de gran cantidad de sedimentos por encima de los muros
Cruce de la quebrada con la via Liberadores	Reduccion de la seccion del puente	●	C	Limpieza de material de desmonte	

5. QUEBRADA JR. AQOPAMPA

TABLA 14 - CONTINUACION

Av. N. Democracia con Jr. La Mar	Reduccion de la seccion transversal de la quebrada	●	"A"	Cosntruccion de muro de encauzamiento	Antecedente de caida de viviendas
Av. Nueva Democracia con Jr. J. Heraud	Reduccion de la seccion transversal de la quebrada	●	"A"	Cosntruccion de muro de encauzamiento	Antecedente de caida de viviendas
Av. Nueva Democracia con Los Andes	Construccion de losa deportiva a orillas de la quebrada	●	"A"	Cosntruccion de muro de encauzamiento	Inundacion de planicies

## 6. QUEBRADA ISLACHAYOQ

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Puente La Union	Reduccion de la seccion transversal aguas arriba del puente La Union	●	A	Limpieza de material de desmonte	
Puente del Jr. Raymondi en Puca Cruz	Construccion de vivienda que disminuye la seccion de la Qda.	●	A	Alineamiento del cauce en donde se ubica la vivienda	
Encuentro de la quebrada con el Rio Alameda	Erosion del cauce del Rio Alameda	●	B	Cosntruccion de disipador de energia a la salida de la quebrada con el rio Alameda	

### 7. QUEBRADA WANCHITUYOQ

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Puente Andamarca	Obstruccion de la seccion transversal del puente	●	"A"	Limpieza de la seccion transversal del puente	Gran cantidad de transporte de sedimentos
A 15 metros aguas abajo del Puente Andamarca	Reduccion de la seccion transversal del cauce de la quebrada	●	'A'	Limpieza del cauce de la seccion transversal de la quebrada	Constante acumulacion de desmonte

### 7. QUEBRADA WANCHITUYOQ

TABLA 14 - CONTINUACION

Punto de encuentro de la quebrada Wanchituyoq con el Rio Alameda	Desborde de la Quebrada e ingreso hacia el Parque Alameda		'A'	Colocacion de alcantarilla a la salida de la quebrada, y disipador de energia	Antecedentes de inundacion del Parque Alameda
--	---	--	-----	---	---

### 8. QUEBRADA CHAQUIHUAYQO

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Interseccion con el Jr. Ayacucho	Inminente desborde, cambios fluvio-morfologicos en la quebrada		"A"	Reconstruir muro de encauzamiento	Constantes desbordes
Encuentro de la Qda. Chaquihuayqo con el Rio Alameda	Cosntruccion de viviendas al borde de la Quebrada		B	Construir muro de encauzamiento	Inundacion de viviendas

### 9. QUEBRADA CHUPAS

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Asociacion Los Olivos Jr. Huallaga	Costruccion de viviendas en el cauce de la quebrada		B	Colocacion de una alcantarilla	La quebrada cruza la vivienda
Asociacion Los Olivos Jr. Loreto	Costruccion de viviendas en el cauce de la quebrada		B	Colocacion de una alcantarilla	Relleno con material de desmoente en la Quebrada

### 10. OTROS

Lugar	Problemas	Simbolo	Peligrosidad	Solucion Propuesta	Observaciones
Lugar denominado el HUECO perteneciente al Gobierno Regional	No existe desfogue de esta parte y actua como un embalse		"A"	Estacion de bombeo	Antecedentes de llenado de agua hasta el 2do. Piso
Interseccion Jr. Roma con Jr. J. Heraud MAGDALENA	Viviendas asentadas sobre la quebrada		"A"	Construccion de canal de concreto para evacuacion de aguas pluviales	Antecedentes de inundacion

**TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**  
**cuadro n° 11**

SUBCUENCA	S (m/m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	B (m)	d <sub>40</sub> (m)	T <sub>F</sub> (Kg/s)
6	0,015	4,49	6,00	0,005	19,8368979
7	0,030	5,76	6,00	0,006	73,5248948
8	0,035	6,71	6,00	0,008	107,734504
9	0,018	7,87	6,00	0,007	46,2781565
10	0,028	3,25	6,00	0,007	36,4674579
11	0,045	4,09	6,00	0,008	95,5280093
12	0,045	4,83	6,00	0,008	113,188001

**ANEXO N° 03 :**  
**PANEL FOTOGRAFICO**



ACARREO DE SEDIMENTOS DE LA PARTE ALTA DEL JR. LIMA JOSÉ OLAYA. PUNTO DE SITUACIÓN CON FRECUENCIA BAJA.



PARTE ALTA DE LA QUEBRADA AQOPAMPA. SE OBSERVA MUROS PARA CONTROL DE SEDIMENTOS TOTALMENTE COLMATADOS. PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE.



PUENTE EN LA VÍA LIBERTADORES WARI QUE DRENA LAS AGUAS DE LA QUEBRADA AQOPAMPA. PUNTO DE SITUACIÓN DE RIEGO CON FRECUENCIA BAJA.



ACARREO DE SEDIMENTOS, DEBIDO A LA FUERTE PENDIENTE, QUE FINALMENTE DRENA HACIA EL CANAL AQOPAMPA.



PUNTO DE SITUACIÓN INMINENTE. LOSA DEPORTIVA EN PELIGRO DE PERDERSE POR UN INMINENTE DESBORDE.



VISTA DESDE EL PUENTE ALFONSO UGARTE EN LEÓN PAMPA, DE LA QUEBRADA CHAQUIHUAYQO



REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA QUEBRADA CHAQUIHUAYQO EN LA INTERSECCIÓN CON EL JR. AYACUCHO. PUNTO DE SITUACIÓN INMINENTE.



PUNTO FINAL DE LA QUEBRADA CHAQUIHUAYQO CON EL RÍO ALAMEDA. VIVIENDAS AL BORDE DE LA QUEBRADA. PUNTO DE SITUACIÓN DE RIESGO CON FRECUENCIA MEDIA.



PUENTE ANDAMARCA, OBSTRUCCIÓN DE LA SECCIÓN NATURAL DEL PUENTE. PUNTO DE SITUACIÓN INMINENTE.



REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAUCE DE LA QUEBRADA WANCHITUYOQ, VISTA DESDE EL PUENTE ANDAMARCA. PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE.



PARTE ALTA DE LA QUEBRADA AQOHUAYQO



REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA QUEBRADA AQOHUAYQO. PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE



REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA QUEBRADA AQOHUAYQO. PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE



CANAL DE LA AV. JAVIER PÉREZ DE CUELLAR DE 6 M. DE PROFUNDIDAD EN SU PARTE MÁS BAJA. PUNTO DE SITUACIÓN INMINENTE.

## QUEBRADA CHUPAS



VISTA DE LA QUEBRADA CHUPAS QUE CRUZA UNA CASA EN LA ASOCIACIÓN LOS OLIVOS. PUNTO DE SITUACIÓN DE RIEGO CON FRECUENCIA MEDIA



CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA DENTRO DE LA SECCIÓN DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CHUPAS, SOBRE MATERIAL DE DESMONTE

**QUEBRADA ISLACHAYOQ**



VISTA DESDE EL PUENTE UNIÓN. SE OBSERVA LA REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAUCE. PUNTO DE SITUACIÓN DE ALTA PELIGROSIDAD



VISTA DESDE EL PUENTE DEL JR. RAYMONDI EN PUCA CRUZ. OBSERVE VIVIENDA AL FONDO CONSTRUIDA EN EL CAUCE DE LA QDA. PUNTO DE SITUACIÓN DE RIESGO CON FRECUENCIA MEDIA



CANAL ARROYO SECO. PUNTO DE SITUACIÓN DE RIEGO CON FRECUENCIA MUY BAJA



PARTE ALTA DE LA QUEBRADA SAN MARTÍN, FRONTERA CON LA VÍA LIBERTADORES WARI.  
PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE.



EROSIÓN CONSTANTE DE LA QUEBRADA SAN MARTÍN. GENERACIÓN DE ACARREO DE  
SEDIMENTOS. PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE.



PROLONGACIÓN SAN MARTÍN. SITUACIÓN DE RIESGO CON FRECUENCIA MEDIA.

**QUEBRADA YANAQAQA**



ALCANTARILLA DE LA QUEBRADA YANAQAQA 2.



REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA QUEBRADA YANAQAQA 2, HACIA ARRIBA DE LA CALLE AMÉRICO ORE. PUNTO DE SITUACIÓN ALARMANTE.



La Quebrada Yanaqaqa 3 drena por el centro del terreno. Punto de Situación alarmante



Alcantarilla de la Quebrada Yanaqaqa 3, colmatada por sedimentos. Punto de Situación alarmante.



INTERSECCIÓN ENTRE EL JR. QUINUA CON EL JR. ASAMBLEA. PUNTO DE RIESGO CON FRECUENCIA MUY BAJA.



VISTA DESDE UN UNOS MADEROS COLOCADOS SOBRE EL CANAL AQOPAMPA. ALCANTARILLA DE LA INTERSECCIÓN ENTRE JR. QUINUA Y JR. ASAMBLEA. PUNTO DE RIESGO CON SITUACIÓN ALARMANTE.



VISTA GENERAL DEL CENTRO POBLADO DE MOLLEPATA



VISTA GENERAL DE LAS LADERAS DEL CERRO LA PICOTA



VISTA GENERAL DEL PUEBLO JOVEN YURAQ YURAQ



VISTA GENERAL DE LA CIUDAD DE AYACUCHO



VISTA GENERAL DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE AYACUCHO



VISTA GENERAL DEL CERRO ACUCHIMAY EN EL DISTRITO DE CARMEN ALTO



VISTA GENERAL DE CASAS EMPLAZADAS SOBRE LA PARTE SUR DE LADERAS DEL CERRO LA PICOTA



VISTA GENERAL DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE AYACUCHO



VISTA GENERAL DEL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE AYACUCHO



VISTA GENERAL DE LA EXPLANADA SOBRE EL CUAL SE EMPLAZA AEROPUERTO ANTIGUO Y NUEVO



CASAS EMPLAZADAS POR ENCIMA DE LA VÍA LOS LIBERTADORES SOBRE LADERAS DEL CERRO LA PICOTA



VISTA GENERAL DE ESCARPAS EN LA QUEBRADA PURACUTI Y URBANIZACIÓN ENACE



VISTA GENERAL DE ESCARPAS EN LA QUEBRADA PURACUTI Y PAMPA MOLLEPATA



VISTA GENERAL DE DEPÓSITO LACUSTRINO SOBRE LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR EN URBANIZACIÓN ENACE



VISTA GENERAL DE SURCOS Y CÁRCAVAS SOBRE LADERAS DEL CERRO LA PICOTA EN ASOCIACIÓN SANTA TERESA



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-2 CERCA DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN MOLLEPATA



VISTA AL INTERIOR DE LA CALICATA C-2



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-4 EN MOLLEPATA



VISTA AL INTERIOR DE LA CALICATA C-4



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-9 EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO (CALLE MARIANO MELGAR 933)



VISTA AL INTERIOR DE LA CALICATA C-9



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-13 EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE ANDAMARCA A PIE DE CARRETERA



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-14 CERCA DE LA ESCUELA ESTATAL DE ANDAMARCA



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-19 EN ZONA DE EXPANSIÓN DE BARRIO DE MIRAFLORES (MEDIA LADERA)



VISTA GENERAL DEL AREA DE UBICACIÓN DE LA CALICATA C-20 EN LA ZONA DE EXPANSIÓN DEL BARRIO MIRAFLORES (TERRENO LLANO)