



ESTUDIO:

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE
MOYOBAMBA**

INFORME FINAL

**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**

Director de la Dirección de Defensa Civil-San Martín
WALTER LOZADA LINARES

EQUIPO TECNICO CONSULTOR

Coordinador – Responsable del Estudio
RUBEN DEL AGUILA PANDURO

Especialista en Geología y Suelos
JULIO DE LA ROSA RIOS

Especialista en Hidráulica y Sísmica
ENRIQUE MARTINEZ QUIROZ

Especialista en CAD - SIG
WILSON LEON MARTINEZ

Colaboradores
**FERNANDO CABRERA BERMUDEZ
VICTOR HERRERA VASQUEZ**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.-	Antecedentes del Estudio.....	01
1.2.-	Objetivos del Estudio.....	02
1.3.-	Descripción del Estudio.....	02
1.4.-	Ubicación del área de Estudio.....	03
1.5.-	Vías de comunicación.....	04
1.5.1.-	Carretera Principal.....	04
1.5.2.-	Carreteras Secundarias.....	04
1.6.-	Climatología e Hidrología.....	05
1.7.-	Aspectos Geológicos - Geotécnicos.....	06
1.8.-	Aspectos de Mecánica de Suelos.....	06

CAPITULO II: RECOPIACION DE INFORMACION BASICA EXISTENTE

2.1.-	Estudios antecedentes.....	08
2.2.	Información cartográfica.....	09
2.3.-	Información hidrometeorológica.....	10
2.4.-	Información geológica.....	13
2.5.-	Información de Mecánica de Suelos.....	14

CAPITULO III: ESTUDIOS BASICOS

3.1.-	Topografía del área de estudio.....	15
3.2.-	Geología Regional y Local del Área de Estudio.....	15
3.2.1.-	Geomorfología.....	15

3.2.1.1.- Unidades Geomorfológicas.....	16
3.2.2.- Estratigrafía y Litología.....	19
3.2.3.- Geología Estructural.....	23
3.2.4.- Aspectos Sísmicos.....	27
3.3.- Hidrología de la zona.....	30
3.3.1.- Climatología.....	31
3.3.2.- Hidrología.....	33
3.3.3.- Hidráulica de los ríos.....	33
3.3.4.- Erosión y Sedimentación.....	35
3.3.5.- Hidrogeología.....	35
3.4.- Exploración Geotécnica del Área de Estudio.....	36
3.4.1.- Generalidades.....	36
3.4.2.- Exploración de Suelos.....	37
3.4.2.1.- Reconocimiento de Campo.....	37
3.4.2.2.- Excavaciones a Cielo Abierto (Calicatas).....	38
3.4.2.3.- Espaciamiento y Características de las calicatas.....	39
3.4.3.- Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos.....	41
3.4.4.- Clasificación de Suelos SUCS Para el Área de Estudio.....	42
3.4.5.- Capacidad de Carga Admisible.....	44
3.4.5.1.- Capacidad de Carga Admisible por Falla de Corte.....	44
3.4.5.2.- Capacidad de Carga Admisible por Asentamiento.....	45

CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

4.1.- Mapa de Peligros Geotécnicos.....	47
4.1.1.- Fenómenos de Origen Geotécnicos.....	47
4.1.2.- Evaluación de Peligros Geotécnicos.....	47
4.1.3.- Zonificación de Peligros Geotécnicos.....	48
4.2.- Mapa de Peligros Geológicos Climáticos.....	49
4.2.1.- Fenómenos de Origen Geológicos-Climáticos.....	49

4.2.2.- Evaluación de Peligros Geológicos-Climáticos.....	49
4.2.3.- Zonificación de Peligros Geológicos-Climáticos.....	50
4.3.- Mapa de Peligros Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos.....	51
4.3.1.- Fenómenos de origen Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos.....	51
4.3.2.- Evaluación de Peligros Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos.	52
4.3.3.- Zonificación de Peligros Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos.	52
4.4.- Mapa de Peligros Múltiples.....	54
4.4.1.- Zonificación de Peligros Múltiples.....	54

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

PLANOS

PLANO N°01: UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

PLANO N°02: PLANO TOPOGRAFICO

PLANO N°03: REGIONALIZACION SISMICA

PLANO N°04: ISOYETAS

PLANO N°05: CUENCA DEL RIO MAYO

PLANO N°06: UBICACIÓN DE CALICATAS

PLANO N°07: CLASIFICACION DE SUELOS

PLANO N°08: PELIGROS GEOTÉCNICOS

PLANO N°09: PELIGROS GEOLÓGICOS CLIMATICOS

PLANO N°10: PELIGROS CLIMATICOS, HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

PLANO N°11: PELIGROS MULTIPLES

ANEXOS

ANEXO N°1: REGISTRO CATALOGO SISMICO

ANEXO N°2: CUENCA DEL RIO MAYO

ANEXO N°3: ESTUDIOS DE SUELOS

- RECORD DE EXCAVACIONES (36 CALICATAS)
- ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO(36 MUESTRAS)
- LIMITES DE CONSISTENCIA (36 MUESTRAS)
- ANALISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD (36 MUESTRAS)
- ANALISIS DE PESO ESPECIFICO (36 MUESTRAS)
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS (2 MUESTRAS)
- ENSAYO DE CONSOLIDACION DE SUELOS (2 MUESTRAS)
- REGISTRO DE EXCAVACIONES (36 MUESTRAS)

ANEXO N°4: MEMORIA DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

ANEXO N°5: PANEL FOTOGRAFICO

- VISTAS GENERALES DEL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS
GEOTECNICOS(10 FOTOS)
- VISTAS GENERALES DEL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE
LABORATORIO DE SUELOS(3 FOTOS)

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la preocupación en cuanto a la mitigación de desastres en los países de América Latina y a nivel Global, ha permitido desarrollar trabajos sistemáticos, con respeto a los suelos y las características geológicas de las zonas afectadas por esos fenómenos.

En el presente trabajo se ha investigado los fenómenos Naturales, que han ocasionado mayores daños durante las ultimas décadas, los mismo que han generado además de muchas perdidas humanas, perdidas de cuantiosos recursos económicos, debido fundamentalmente a un mal uso de las zonas de expansión Urbana de la ciudad, así mismo al uso de materiales constructivos inadecuados.

Para prevenir los daños y aminorar los riesgos por fenómenos Naturales, las experiencias realizadas en otros países en cuanto a la elaboración de documentos técnicos básicos de planificación, sustentados en conocimientos del terreno en donde se realizaran las cimentaciones de las obras de infraestructura básica de las ciudades; nos indica que se deben considerar los aspectos del relieve y fisiografía, topografía, geología hidrología, clasificación de suelos y micro zonificación de las ciudades.

En la ciudad de Moyobamba a consecuencia de los últimos sismos de los años 1990 y 1991, los estudios realizados por CISMID e INADUR han determinado tres zonas según el grado de sismicidad regional, que corresponde a la cuenca Alta del Río Mayo. Actualmente en el área urbana y de expansión, se han obtenido nuevos datos de suelos y de las consideraciones geológicas ante la ocurrencia de los posibles fenómenos geológicos Naturales.

En los estudios antes realizado, la característica del suelo es de tipo arcilloso y areno- arcilloso en la parte superior, y arenoso, areno- limoso en la parte inferior del distrito de Moyobamba, lo cual ha sido comprobado con las nuevas excavaciones realizadas en el presente estudio (calicatas N°1 al N° 23, trabajo de tesis, Bachs. Ing. Fernando Cabrera B. -Richard Saucedo P.); así mismo se han realizado excavaciones manuales en las nuevas áreas de expansión urbana situadas al Sur- Oeste, Sur- este y Nor. Oeste de la ciudad, complementándose la información de los suelos de estas áreas (calicatas N°24 al N°36).

El Gobierno Local de la ciudad ha contribuido con una parte de los trabajos de campo y de Laboratorio en la zona de expansión urbana, lo cual permitirá una mejor planificación urbana de la misma, en el momento actual en estas zonas no se cuenta con los servicios básicos de agua y desagüe, que mejoren las condiciones de vida, de los Nuevos Asentamientos.

Los procesos geológicos acelerados en las zonas circundantes al área de la zona urbana, ocasionados principalmente, por la deforestación indiscriminada de los bosques, ha motivado el desequilibrio hidrológico de la cuenca, cuya repercusión se traduce en los cambios climáticos acentuados, que afectan sobre todo las áreas de menor estabilidad de la ciudad.

Las micro Cuencas Hidrográficas de las quebradas circundantes que tienen que ver con el abastecimiento de agua del consumo humano, están siendo disminuidos en su volumen, por la pérdida de grandes extensiones de bosques, lo cual también es un factor que acelera la erosión de los suelos de las áreas circundantes a la ciudad.

Los cauces y taludes de las quebradas Rumiyacu, Indañe y Almendras están siendo erosionadas y colmatadas de sedimentos, por la erosión acentuada en las partes altas, que son deforestadas.

Las zonas de mayor riesgo tanto por el efecto sísmico como por la acción erosiva de las aguas pluviales lo constituyen las áreas de topografía baja y las zonas de taludes situadas entre las partes altas y bajas de la ciudad. La descontrolada descarga de las aguas pluviales acelera la erosión hídrica lineal, actualmente las zonas de taludes al borde de las llamadas puntas que son miradores turísticos de la ciudad, están siendo reforestadas por comités vecinales para proteger las laderas de los taludes.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para la elaboración del Estudio de Mapa de Peligros de la ciudad de Moyobamba; contamos con los estudios similares realizados en esta ciudad y en diferentes zonas del País, con características similares, los cuales detallaremos seguidamente:

Microzonificación Sísmica de las Ciudades de Moyobamba, Rioja, Soritor;
Realizado en el año de 1991 por José Luis Lara Montani-Tesis de Grado U.N.I

Peligro Sísmico del Alto Mayo, realizado el año de 1991 y ejecutado por el Dr.
Jorge Alva Hurtado.

Mapa de Peligros Y Plan de Usos del Suelo de la Ciudad de Chimbote,
realizado en Febrero del 2001, por convenio entre Instituto Nacional de
Desarrollo Urbano-INADUR, Proyecto Comité Ejecutivo de Reconstrucción de
El Niño-CEREN y el Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo-
PNUD; el cual forma parte de uno de los últimos estudios de este tipo
realizado en la región de estudio.

Formulación del Mapa de Peligros Naturales de la Ciudad de Huarmey-
Ancash, realizado en Enero del 2000, por convenio entre CEREN – PNUD,
ejecutado por el Ing. Manuel Hermoza Conde.

Microzonificación de la Ciudad de Piura y Lineamientos de Desarrollo Urbano
para la Mitigación de Desastres, realizada por la Ing. Berta Madrid
Chumacero, en el año 1991, con CISMID-UNI.

Microzonificación para la Prevención y Mitigación de Desastres de la Ciudad de Jauja, en Marzo del año 1994, por el Ing. Jaime Arteaga Limachi, CISMID-UNI.

Mapa de Peligro Potencial del Volcán Misti, realizado en el año 2000, convenio PNUD-Gobierno PER-98-018.

Microzonificación y Elaboración de Mapas de Peligros de La Ciudad de Moyobamba, realizado en Junio del 2003 por los Bach. Ing. Civil Fernando Cabrera Bermúdez y Bach. Ing Richard Saucedo Paredes. Tesis de Grado Universidad Privada Cesar Vallejo - Trujillo.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Esta publicación permitirá que el Gobierno Regional y local, orienten su política a la toma de decisiones y la priorización de Recursos, orientando los fondos públicos a la ejecución de labores sociales, educativas y de obras que permitan a los habitantes en las zonas de riesgos a conocer y enfrentar los fenómenos naturales en condiciones menos vulnerables.
- El presente estudio tiene como meta elaborar el mapa de peligros de la ciudad de Moyobamba en base a las características geológicas, geomorfológicas, geodinámicas, sísmicas, climatológicas, hidrológicas del área de estudio.

1.3 DESCRIPCION DEL ESTUDIO

En la elaboración del mapa de peligros, tanto la geología regional y local en relación con los tipos de suelo encontrados, permitirán determinar las zonas

de mayor Peligro ante los procesos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, sísmicos climáticos e hidrometeorológicos que ocasionan daños por la acción natural y acelerados por la acción antropica.

En el estudio geológico se da importancia al aspecto fisiográfico y geomorfológico del área de estudio, siendo los procesos de mayor importancia la sismicidad y la erosión hídrica que afecta a la ciudad de Moyobamba.

El estudio de mecánica de suelos, permitirá complementar y actualizar la información existente en relación al comportamiento físico mecánico de los mismos. Se han identificarán suelos según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), los mismos que por su origen geológico son de tipo aluvial, coluvial, residual y fluvio-aluvial.

1.4 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Moyobamba está situada en la parte Norte del Departamento de San Martín, en la región selvática del Perú entre los meridianos 76° 43' y 77° 38' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y entre los paralelos 5° 09' y 6° 01' de latitud Sur, considerando los puntos extremos de sus límites.

Se encuentra a 20 Km. de Rioja y a 115 Km. de Tarapoto a donde se llega por vía aérea.**(VER PLANO N°01)**

Limites de la ciudad:

- Norte : Pampas que van a dar al río Mayo.
- Sur : Barrancos que la separan del Bosque.
- Este : Con la quebrada de Rumiyaçu.
- Oeste : Con la quebrada de Indañe.

1.5 VIAS DE COMUNICACIÓN

1.5.1 CARRETERA PRINCIPAL.

La ruta parte de Lima por la Panamericana Norte, pasando por Chiclayo hasta Olmos, de aquí se sigue a lo largo de la carretera de penetración casi totalmente asfaltada que se une a la Carretera Fernando Belaunde, cubriendo el tramo: Bagua Grande, Pedro Ruiz hasta Moyobamba.

1.5.2 CARRETERAS SECUNDARIAS

Existen Carreteras y trochas en un estado de conservación buena y transitable todo el año, que partiendo de la carretera Fernando Belaunde unen centros poblados como:

- carretera Moyobamba, Japelacio, Gera.
- Trocha de San Juan de Pacaysapa, San Roque, Canaan.
- Carretera Moyobamba, Calzada, Habana, Soritor.
- Carretera Moyobamba, Yantaló, Boca de Huascayacu entre otras.

1.6 CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

La mayor cantidad de datos que respecto a este punto se tiene, deriva de los datos recogidos en las estaciones hidro-meteorológicas del SENAMHI (Moyobamba, Soritor y Rioja).

CLIMA

El clima de Moyobamba, dentro de esta clasificación es de ligero a moderadamente húmedo y Semi- cálido.

PRECIPITACION

Las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de Diciembre a Mayo, decreciendo en los meses de Junio a Noviembre.

Las precipitaciones pluviales, anuales, siempre son superiores a 1000 mm sin sobrepasar lo 5000 mm. La humedad atmosférica es alta durante todo el año igual que la evapotranspiracion.

Las áreas que se cubren con mayor frecuencia de nubes son los cerros al este de Moyobamba y el frente Oriental de la Faja Subandina que se comporta como barrera de contención de los vientos que desplazan las nubes desde el oeste. (Datos del INGEOMIN)

TEMPERATURA

La temperatura que corresponde a este tipo de clima de selva tropical permanentemente húmedo oscila entre 21° C. a superiores a 25° C.

VIENTOS

Los vientos aliseos, ascendentes en las vertientes orientales andinas, pasan sucesivamente por niveles atmosféricos de depresión decreciente, como corrientes, que ascienden miles de pies al día; Pasando una vez y otra vez

por este proceso, el que hace posible que los flancos orientales de los Andes sean afectados por la lluvia durante todo el año. Los vientos aliseos soplan generalmente del Este, característico de esta parte de los trópicos.

HUMEDAD RELATIVA

Las estaciones de Moyobamba, Rioja y Soritor tienen promedios de humedad relativa entre 78% y 90%.

1.7 ASPECTOS GEOLOGICOS GEOTECNICOS

Para poder realizar el estudio nos hemos basado en la geología Regional y local de la zona de estudio, correlacionando esta información como resultado de los tipos de suelos que se ha encontrado en la zonas de exploración, permitiéndonos describir las características físicas mecánicas, determinar los perfiles estratigráficos cuya información indicada permitirá en la etapa final determinar la capacidad portante de los suelos y sus relaciones con los aspectos geológicos del suelo.

1.8 ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS

El estudio de Mecánica de Suelos es la rama que trata de la acción de las fuerzas sobre las masas de los suelos. Desde hace mucho tiempo atrás el hombre ha estudiado el suelo sobre el que vive, presentando variadas teorías en la solución de los problemas relativos al uso del mismo.

Toda obra de construcción civil, por pequeña o grande que sea la estructura se inicia y apoya teniendo siempre como medio de fundación un suelo.

El suelo por su complejidad requiere ser estudiado en forma minuciosa con pericia y precisión, de lo cual depende la seguridad y vida útil de cualquier obra de construcción civil.

Antes los problemas de mecánica de suelos se resolvían en forma empírica o por tanteos, trayendo consecuencias como riesgo de seguridad y economía.

Hoy en día existen Laboratorios experimentados de Mecánica de Suelos para todo tipo de investigación y estudios.

Para la realización del estudio de Mecánica de Suelos de la zona, se realizó el sondeo respectivo con la finalidad de determinar el tipo de subsuelo y sus características físico - mecánica.

Para el presente proyecto se ha practicado la excavación de calicatas a una profundidad mínima de 2.50 m. por debajo de la superficie del terreno, permitiendo examinar en su estado natural las características físicas y mecánicas del suelo en estudio.

CAPITULO II

RECOPILACION DE LA INFORMACION BASICA EXISTENTE

2.1. ESTUDIOS ANTECEDENTES

En la elaboración del proyecto Mapas de Peligros de la Ciudad de Moyobamba se ha contado con la información de estudios realizados en la zona y estudios en otras ciudades del País afectadas por fenómenos naturales; así como de información cartográfica e Hidrometeorológica, las cuales se detallan a continuación.

- **Huaco P., Vázquez M., Marín G. y Montesinos V. (1990),**
“Intensidades Regionales Asociadas al Sismo del 30 de Mayo de 1990
En el Departamento de San Martín, Perú”, Instituto Geofísico del Perú.
- **Huaco P., Ponce L., Marín G., Gómez J. y Fernández E. (1992),**“Intensidades Sísmicas en Áreas Urbanas y Regionales del Sismo del 5 de Abril de 1991 en el Departamento de San Martín (Perú)”, Instituto Geofísico del Perú.
- **Lara Montani J.L. y Alva Hurtado J.E. (1992),** “Microzonificación Sísmica de la ciudad de Moyobamba”, IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil, ICA.
- **Lara Montani J.L. (1992),** “Microzonificación Sísmica de Moyabamba, Rioja y Soritor”, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil,

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

- **Parra D., Aguilar Z., Ayquipa C. y Alva Hurtado J.E. (1992)**,
“Evaluación del Potencial de Licuación de Suelos en la Ciudad de
Moyobamba”, IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Ica.
- **Tavera H., Buforn E., Bernal I. y Antayhua Y. (2001)**, “Análisis de los
Procesos de Ruptura de los Sismos Ocurridos en 1990 y 1991 en el
Valle del Alto Mayo, Moyabamba-Perú”, Boletín de la Sociedad
Geológica del Perú, Vol. 91, pp. 55-68.

2.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Se cuenta con la siguiente información Cartográfica y Topográfica de la zona del Estudio:

- Hoja Topográfica de Moyobamba (Carta Nacional Esc. 1:1000000)
- Hoja Topográfica Analizada de Moyobamba. Esc. 1:10000
Fuente: Ofic. Agencia - Moyobamba
- Mapa Geológico (Carta Geológica) Esc. 1:100000
Fuente: Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET)
- Imágenes de Satélites de la zona de Moyobamba.
Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM)
- Mapa de Catastro Urbano del distrito de Moyobamba.
Fuente: Sistema de información AMRESAM
Fecha: Oct. 2002 - 2003
- Informe Técnico a consecuencia de los Últimos Sismos que afectaron a
Moyobamba (1968, 1990, 1991)

- Información parcial hidrometeorológica.

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

- Resultado de pruebas de Mecánica de suelos realizados en proyectos para Infraestructura física de Moyobamba

Fuente: Entidades Públicas y Privadas

2.3. INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA

En concordancia con la información de las estaciones climatológicas, distribuidas en la región estudio, se presenta la distribución de las precipitaciones medias anuales, durante los últimos 20 años. Se puede observar dos periodos lluviosos, uno entre los meses de febrero a mayo y otro de septiembre a diciembre; Para la ciudad de Moyobamba en el mapa de isoyetas se tiene una precipitación media anual de 1400mm.

Además se cuenta con información de las precipitaciones pluviales máximas anuales en 24 horas, de las estaciones de Moyobamba, Rioja y Soritor.

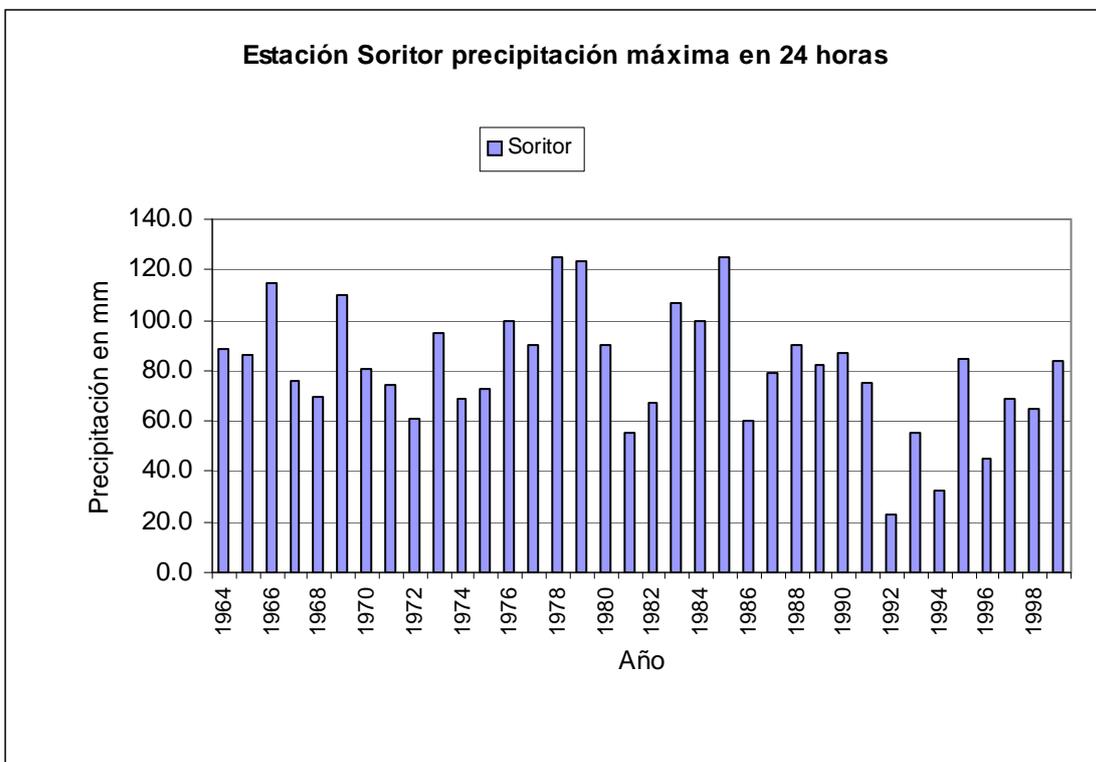
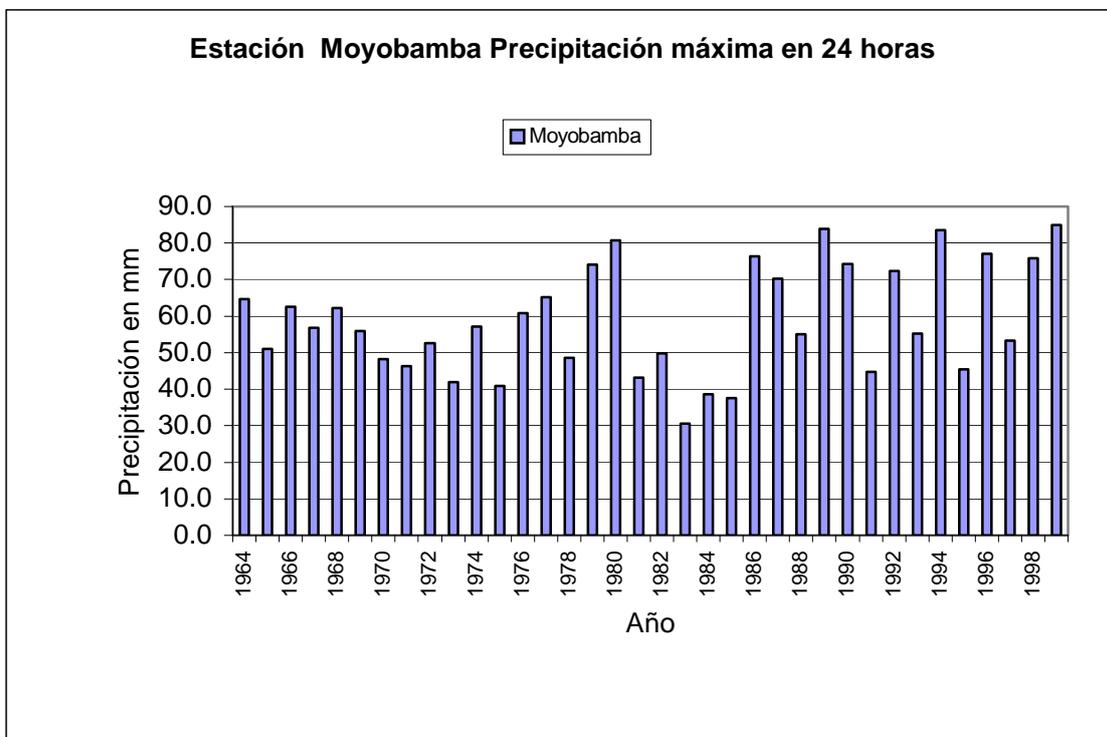
La información estadística mensual y anual se complementa con el mapa de Isoyetas de Moyobamba, hasta la ciudad de Lamas (fuera del área del estudio).

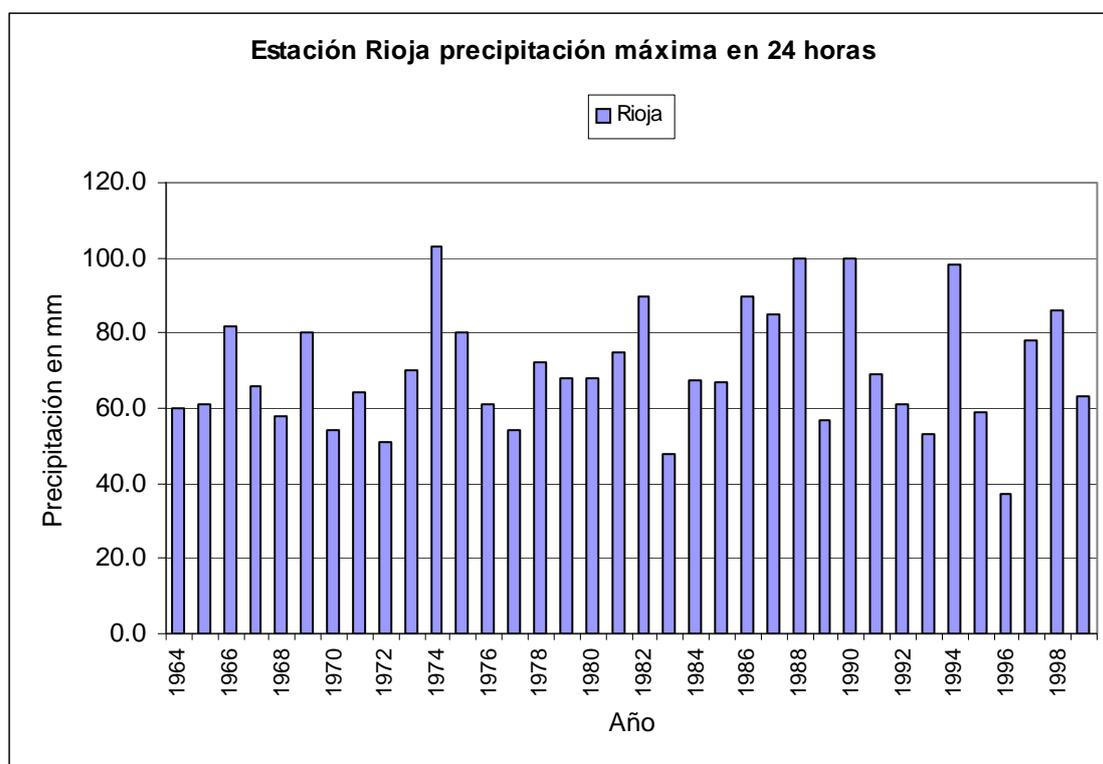
Datos de precipitación pluvial Maxima en 24 horas (mm)

ESTACION		Moyobamba	Rioja	Soritor
LATITUD S		6° 02'	6° 2'	6° 6'
LONGITUD W		76° 58'	77° 10'	77° 6'
ALTITUD msnm		860	880	870

Nº Registro	Año	Precipitación	Precipitación	Precipitación
1	1964	64.6	60.0	88.7
2	1965	51.0	61.0	86.0
3	1966	62.5	82.0	114.5
4	1967	56.8	66.0	76.0
5	1968	62.2	58.0	70.0
6	1969	55.9	80.0	110.0
7	1970	48.3	54.0	81.0
8	1971	46.3	64.0	74.0
9	1972	52.6	51.0	61.0
10	1973	42.0	70.0	95.0
11	1974	57.1	103.0	69.0
12	1975	40.9	80.0	73.0
13	1976	60.8	61.0	100.0
14	1977	65.2	54.0	90.0
15	1978	48.6	72.0	125.0
16	1979	74.1	68.0	123.0
17	1980	80.8	68.0	90.3
18	1981	43.1	75.0	55.5
19	1982	49.8	90.0	67.5
20	1983	30.6	48.0	107.0
21	1984	38.6	67.6	100.0
22	1985	37.5	66.8	125.0
23	1986	76.3	90.0	60.0
24	1987	70.2	85.0	79.0
25	1988	55.0	100.0	90.0
26	1989	83.8	57.0	82.0
27	1990	74.2	100.0	87.0
28	1991	44.8	69.0	75.0
29	1992	72.4	61.0	23.0
30	1993	55.3	53.0	55.6
31	1994	83.6	98.0	32.6
32	1995	45.4	59.0	85.0
33	1996	77.0	37.0	45.0
34	1997	53.3	78.0	69.1
35	1998	75.8	86.0	65.0
36	1999	85.0	63.0	83.7

Máxima	85.0	103.0	125.0
Promedio	58.9	70.4	80.9
Mínimo	30.6	37.0	23.0
Desv Estándar Muestra	14.9	16.1	23.8
Desv Estándar Poblac	14.7	15.8	23.4





2.4. INFORMACION GEOLOGICA

La Geología de Moyobamba se sitúa sobre una formación cenozoica del terciario superior. Los materiales sueltos mas recientes del cuaternario están constituidos por depósitos aluviales, coluvio aluviales, residuales y fluviales, compuestos por arcillas, limos, arenas finas, y algunos fragmentos de gravas, localizados en las cercanías de los cursos de aguas fluviales.

Los suelos predominantes han evolucionado a partir de los procesos de meteorización de la formación terciaria constituida por la intercalación de horizontes de areniscas, arcillas y lodositas. Cuya matriz es principalmente arcillosa o limosa. En el corte vertical de la columna estratigráfica entre el

nivel inferior del cauce del río Mayo y la parte superior de la ciudad de Moyobamba situada a 86 metros del nivel inferior del río Mayo, se puede observar en las zonas de taludes, pendientes que varían entre 30° y 40°, sedimentos semisuelos que caracterizan a la formación terciaria antes mencionada.

2.5 INFORMACION DE MECANICA DE SUELOS

Los suelos de la ciudad de Moyobamba se distribuyen de la siguiente manera:

En el sector nor. este y nor. oeste que comprende los barrios de Zaragoza, Calvario, Belén y Lluylucucha que corresponde a la parte alta de mayor relieve, los suelos predominantes son arcillas de coloración rojiza amarillento y grisáceo por debajo de los 3 metros de profundidad, la litología cambia a arena limosa y arena arcillosa. En el sector Shango y el sector recodo la topografía disminuye, en cuya parte inferior predominan suelos arenosos con nivel de agua freática alta, con riesgo de licuefacción de arenas en caso de sismo; similar a la zona conocida como Tahuishco en la cercanía del río Mayo.

En el sector Sur Oeste y Sur Este, actual zona de expansión urbana, la parte superficial del suelo es una arcilla con similares características a las anteriores y en la parte inferior, el suelo cambia a arena arcillosa de color blanquecino, presentando en algunos casos cierto contenido orgánico.

CAPITULO III

ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO

La topografía se caracteriza por una meseta disectada de topografía plana en la parte urbana con algunas ondulaciones en su relieve, y afectada en los sectores de Shango y Recodo por una acentuada erosión hídrica de origen fluvial, que erosiona los sedimentos sueltos y semi sueltos que conforma la mayor parte del espesor de la formación geológica, sobre la cual se sitúa la ciudad.

Las actuales áreas de expansión urbana, se caracterizan por una topografía ondulada y de colinas bajas que circulan a la ciudad en la parte Sur Oeste.

(VER PLANO N°02)

3.2 GEOLOGIA REGIONAL Y LOCAL DEL AREA DE ESTUDIO

La geología local se caracteriza por la presencia de depósitos cuaternarios de tipo aluvial, fluvio – aluvial y residual, provenientes de las zonas montañosas localizadas al sur oeste y sur este de Moyobamba

3.2.1 GEOMORFOLOGIA

Los rasgos geomorfológicos están estrechamente controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos recientes y el tipo de litología, Así como los eventos mas recientes que son los que han dado la geomorfología actual..

3.2.1.1 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Regionalmente y de acuerdo a las unidades geomorfológicas mencionadas se puede diferenciar las siguientes unidades:

A.- MONTAÑAS LONGITUDINALES

Corresponden estructuras anticlinales, sinclinales, fallamiento en el blanco oriental y en ambos flancos de las montañas Ayu Mayo; el núcleo de las montañas está constituido por materiales litológicos de la formación Sarayaquillo y el Grupo Oriente, rodeados por materiales rocosos de las formaciones Chontas y Vivian. Las montañas longitudinales mas notables dentro del ámbito de la geología Regional, se encuentran en los cuadrángulos geológicos de Moyobamba y Saposoa, y en el sector Occidental de Juanjui (Boletín INGEMMET); estas montañas longitudinales dan lugar a la formación de los valles del Abiseo, pongos y rápidos del río Mayo; así mismo en los flancos de estas montañas se ubican las cataratas y caídas de agua que se conocen en la región como: Las cataratas del Gera, Huincoyacu, La Huarpía, Chapahuanki, etc. y las montañas longitudinales de constante denudación donde actúan los procesos erosivos cuyo agente principal es el agua.

Asociados con las montañas longitudinales y sus flancos se encuentran domos salinos, que tienen un relieve más suave

y que constituyen depresiones topográficas dentro de las montañas.

B.- DEPRESION DEL ALTO MAYO

En el sector nor. Occidental del cuadrángulo de Moyobamba, existe una zona de baja altitud, cubierta por depósitos cuaternarios fluviales con abundante vegetación, limitada por las cadenas de montañas longitudinales; siendo cortada por el Río Mayo en su tramo superior. Tal Geoforma termina justamente 8 Km. Al Sur este de Moyobamba, sus altitudes se encuentran entre 790 a 856 m.s.n.m; contrastando con las elevaciones adyacentes que alcanzan alturas de 1300 a 1450 m.s.n.m. En ellas se han asentando importantes centros poblados y se desarrolla una intensa actividad agrícola y ganadera.

C.- LADERAS MONTAÑOSAS

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por la presencia de montañas de altas pendientes que constituyen la parte baja de las altas montañas, marcando el paso transicional a las lomadas.

D.- COLINAS ALARGADAS

Esta unidad geomorfológica es propio de una sola transición, debido a que presenta bajas altitudes (entre 400

a 800 msnm), pero un relieve accidentado con presencia de crestas agudas y simétricas originadas por la alternancia de Areniscas y rocas menos resistentes.

Estas geoformas expresan los diversos grados de erosión y las diferencias que existen entre las capas sedimentarias, de tal forma que en la franja de colinas se pueden observar valles transversales y longitudinales cortos, con perfiles variados así como algunas colinas o cerros aislados.

E.- LOMADAS

Son conjuntos de elevaciones cortas que tienen superficies de forma suave y ondulada, de poca pendiente y regular altitud, las lomadas están separadas por pequeños riachuelos de curso sinuoso y cubierto de abundante vegetación, son transicionales a las llanuras aluviales que constituyen los pisos de los valles.

F.- LLANURA ALUVIAL

Esta geoforma se caracteriza por las sucesiones de terrazas bajas incluyendo el lecho actual de los ríos, los que periódicamente son afectados por inundaciones relacionadas a las épocas de lluvia, mientras que en épocas de estiaje constituyen islas fluviales, bancos de arena y aguajales.

G.- VALLES

Estos relieves son desarrollados por los ríos que constituyen partes de la hoya hidrográfica del río Huallaga. Lo constituyen depresiones del terreno de longitudes y amplitudes variables.

De acuerdo a la relación de la estructura regional se puede diferenciar valles longitudinales consecuentes, como es el caso de los valles de los Ríos Mayo, Shanusi, Sisa, y otros.

3.2.2 ESTRATIGRAFIA y LITOLOGIA

En la zona de Moyobamba existen afloramientos rocosos que datan desde el Triásico- Jurásico hasta el cuaternario reciente, las mismas que están constituidas principalmente por las siguientes secuencias sedimentarias.

3.2.1.1 Sistema Triásico-Jurásico.

Esta conformado por depósitos marinos del grupo Pucará, seguido de sedimentos continentales de la Formación Sarayaquillo.

a) Grupo Pucará:

Compuesto de calizas, afloran al norte y oeste de Rioja.

b) Grupo Sarayaquillo:

Sobreyace al Pucará, consiste de areniscas rojizas de grava fina y afloran en los alrededores del sinclinal Pucatambo, anticlinal Jepelacio y proximidades de la Falla Chazuta.

3.2.1.2 Sistema Cretáceo

Esta bastante desarrollado en el área y consiste de 3 Unidades arenosas: formación Cushabatay, Aguas Calientes Vivian y 2 unidades marinas formación Esperanza y Chonta.

a) Formación Cushabatay

Consiste de areniscas cuarzosas finas a gruesas en la base, a guijarrosa en el tope; aflora al sur de Pucatambo, río Gera y Morro de Calzada, 12 Km. Al oeste de Moyobamba.

b) Formación Aguas Calientes

Consiste en areniscas blancas de grano fino, grueso o Conglomerado. Aflora entre Moyobamba y Tabalosos, Cerro Angaísa al S.E. de Rioja. Sinclinal Pucatambo y Nacientes del río Mayo.

c) Formación Vivian

Compuesta de areniscas, aflora en casi toda la estructura principal del Alto Mayo.

d) Formación Esperanza

Consiste en calizas cristalinas grises, compactas y areniscas Limosas, Aflora al este de Moyobamba,

Pucatambo y el río Gera.

e) Formación Chonta

Consiste de calizas y lutitas, aflora en el flanco

Este del sinclinal Pucatambo, río Gera, etc.

3.2.1.3 Sistema Terciario:

Esta representado únicamente por el grupo Huayabamba del terciario inferior.

a) Grupo Huayabamba.

Estas unidades son del tipo de capas rojas, que consiste de areniscas y limonitas marrón rojiza, aflora entre la carretera Tarapoto - Moyobamba.

3.2.1.4 Sistema Cuaternario

Esta constituido por depósitos sedimentarios de pie de monte en las estribaciones de la cordillera y aluviales a lo largo de la cuencas fluviales. Las terrazas aluviales corresponden a las partes planas. Los sedimentos cuaternarios son mayormente del lacustrino, arcillas y limos de colores variados, con arenas finas; pero también se tienen gravas y conglomerados.

a) **Pleistoceno:**

Comprende los siguientes depósitos.

- **Depósitos Aluviales:** constituido por depósitos de areniscas, generalmente con matriz areno limosa, limo arcillosa no plástica. En este tipo de suelo esta asentado el pueblo de Japelacio.
- **Depósitos Fluviales:** Constituido por gravas de matriz arenosa, cuarzosa, micacea, con óxidos de fierro y arcilla.
- **Depósitos Coluviales:** Se encuentra en los conos Deyectivos de las quebradas.
- **Depósitos Residuales:** Consiste de sedimentos arcillosos, arcillo arenoso y areno limoso marrón rojizo a amarillento.

Estos se acumulan in situ, otros por gravedad al pie de las colinas, cerros o montañas de las que derivan con poco transporte. La ciudad de Moyobamba se encuentra en estos suelos.

b) **Cuaternario Reciente:**

Consiste de sedimentos arcillosos arenosos y areno arcillosos con intercalaciones de conglomerados finos y fragmentos de rocas variados (a 60m de profundidad).

Estos depósitos presentan sedimentación errática y alternada con suelos orgánicos.

3.2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En la hoja geológica de Moyobamba, se nota un sistema de fallas normales al rumbo de la cordillera Andina, que afecta a las estructuras longitudinales y al parecer vinculadas a una estructura de extensión regional.

Los principales rasgos estructurales están conformados por estructuras de los subsuelos como:

A.- Domos.

- **Domo Mayo:** Se encuentra formando parte del núcleo del anticlinal de Moyobamba en su extremo sur Este, coincidiendo con el cierre de esta estructura.
- **Domo Yanayacu:** Se ubica en el núcleo de un anticlinal cuyo eje es parcialmente trasversal a la estructura regional, se asocia además con fallas perpendiculares al rumbo andino. Esta estructura incluye rocas mesozoicas del grupo Pucará y la formación Sarayaquillo.

B.- Pliegues.

Consiste de pliegues anticlinales y pliegues sinclinales de rumbo Andino, la mayoría de ellos han sido afectados por fallas y plegamientos.

Sinclinales:

- **Sinclinal de la Huarpía:** Esta estructura se ubica en el centro de la hoja del cuadrángulo de Moyobamba, delimitada al este por la falla inversa campana y el anticlinorium campana Pacaysapa y al oeste por el anticlinal de Moyobamba. Su eje cambia ligeramente de rumbo, en promedio es N 25° O. Este sinclinal se cierra a la altura del poblado de la Libertad en su extremo septentrional.

Anticlinales:

- **Anticlinal de Moyobamba:** Es un pliegue asimétrico, cuyo eje de orientación sigue el rumbo N 10° O, desde su extremo Sur ubicado al Oeste de Roque hasta la localidad del Gera, donde es afectado por una falla transversal que modifica su rumbo, girando a la izquierda, de tal manera que en su extremo septentrional tiene un rumbo N 80° O. Su límite oriental es una falla inversa. Este pliegue en el núcleo está compuesto por areniscas y lodositas rojas de la formación Sarayaquillo, influidas por cuerpos salinos correspondientes al domo del Mayo y del Gera. Se presenta localmente en las inmediaciones de la hidroeléctrica del Gera como pequeños anticlinales y sinclinales de 8 a 10 Km. de largo.

- **Anticlinal de Yanayacu:** Ubicado al Noreste de la localidad de Moyobamba. En sentido Regional es una proyección del anticlinal de Campana-Caspizapa, que continua hacia la hoja de Balsapuerto. En su núcleo se encuentran las evaporizas del domo de Yanayacu, emplazadas en areniscas y lodositas rojas de la formación Sarayaquillo. Su eje tiene un rumbo de N 50° O. Ha sido afectada por un sistema de fallas transversales al rumbo Andino que ha modificado parcialmente la orientación de las estructuras.

C.- Fallas

Se pueden distinguir 2 sistemas importantes de fallas: Las fallas longitudinales concordantes con la estructura andina regional, y fallas transversales al rumbo andino, de recorrido corto.

FALLAS LONGITUDINALES:

- **Falla Campana:** Se encuentra en el franco oeste de las montañas Ayu Mayu limitando al anticlinal Campana-Caspizapa. Es una falla inversa de rumbo N 30° O, que tiene 40Km. De largo; que ha levantado el bloque oriental conformado por la formación Sarayaquillo y el grupo oriente contra la formación Chambira, hasta la altura de Roque. Luego sigue un rumbo N 30° E, a lo largo de 10

Km. Levantando el domo de campana contra el sinclinal la Huarpia.

- **Falla Gera:** Es una estructura asociada al esfuerzo tensional distensivo del anticlinal de Moyobamba, que se encuentra en el límite oriental. Levanta a las areniscas y lodositas rojas de la formación Sarayaquillo conjuntamente con el grupo oriente, en tanto que el bloque Este ha bajado la formación chonta. Se infiere que esta falla es la que marca en parte el cambio morfológico entre las montañas y la depresión del Alto mayo. Su dirección aproximada es de N 10° O, alcanzando una longitud aproximada de 20 Km.

FALLAS TRANSVERSALES:

Este tipo de estructura es frecuente en el cuadrángulo de Moyobamba, asociadas a los cambios de rumbo de las estructuras longitudinales. En general ocasionan inflexiones locales que deben necesariamente estar relacionadas a las estructuras mayores de extensión regional, ya que tienen orientación similar o conjugada. Por su cercanía y sus características se pueden relacionar con sistemas de fallamiento de la corteza en profundidad.

- **Falla Yanayacu:** Tiene una orientación N 60° a 80° E, y una longitud aproximada de 40 Km. Estrechamente relacionada a los cuerpos salinos de Yanayacu y Gera.

Existe un sistema de fallas paralelas, distribuidas ampliamente al Sureste del domo de Yanayacu, que tiene mayor densidad al Este del Valle del río Mayo. Otra falla de comportamiento similar es la falla Canaan, que sigue un rumbo E-O, se prolonga al cuadrángulo de Rioja afecta a rocas cretácicas y paleógenas y esta asociada al domo Mayo. Tiene una longitud aproximada de 30 Km.

3.2.4 ASPECTOS SISMICOS

El Territorio Peruano forma parte de una de las regiones de más alta actividad sísmica de la tierra, la cual pertenece al Cinturón del Circumpacífico, y por lo tanto está expuesto al peligro que ella representa.

Por esta razón es imprescindible para la planificación y diseño de obras de ingeniería efectuar estudios de sismicidad y riesgo sísmico en las obras proyectadas.

En esta parte del capítulo se efectúa la revisión de la actividad sísmica ocurrida en el pasado, así como algunos resultados e interpretaciones de carácter preliminar, referentes a los valores máximos de aceleraciones y períodos de retornos para diferentes intensidades en la escala modificada de Mercalli, de sismos que pueden ocurrir en la región de estudio.

SISMOTÉCNICA DE LA REGIÓN DE ESTUDIO

El área en estudio se ubica en una zona subandina (selva alta), en donde afloran rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas de origen continental, tectonizadas por pliegues y fallas a fines del terciario y durante el cuaternario. Geodinámicamente, en esta zona subandina se concentró la deformación que libera los esfuerzos producidos por el acercamiento entre el bloque andino y el escudo brasileño.

La depresión tectónica de Mayo, donde se desarrolla el amplio valle del Río Mayo, está flaqueando por las cadenas de cerros pertenecientes a levantamientos tectónicos: cordilleras Cahuapana y cordillera oriental.

La cordillera Cahuapana, que corresponde a un levantamiento tectónico conformada por la cadena de cerros que separa el valle de Río Mayo del llano Amazónico. Se extiende longitudinalmente como prolongación de la cordillera companquiz en el norte y continúa hacia el sur con la cordillera Angaiza y las fallas del mismo nombre, al NE de la ciudad de Moyobamba, al que se asocia el origen del sismo de Moyobamba 1968 y 1991. La cordillera oriental constituye un gran movimiento tectónico que en su borde nor. – oriental limita con la depresión del Mayo por una gran falla inercia tipo sobreescurreamiento que pone en contacto las rocas calcáreas jurasicas (Grupo Pucará) con areniscas más jóvenes (formación Aguas Calientes y Cuchabatay). Asociado a esta unidad morfoestructural, existen fallas geológicas con orientación NW – SE que corren paralelas a la cadena de cerros

Pucatambo, en las rocas calcáreas las cuales se asocian al sismo de 1990.

Es esta zona los sismos son superficiales (25 – 60 Km.) e intermedios (hasta 300 Km.). La existencia de fallas antiguas que no muestran evidencias de activación reciente hacía pensar que el origen tectónico de lo últimos sismos sea discutible, de manera que los sismos superficiales continentales a la fecha no pueden ser asociados a fallas activas. Castro Bastos, quien ha hecho estudios geológicos de la zona piensa que se trata de fallas de superficie de plegamientos hasta los planos profundos de los escurrimientos que son solamente causas de terremotos pequeños y locales.

En estudios futuros de riesgo sísmico que se efectúen en áreas con influencia sísmica de las fallas enunciadas, es recomendable evaluar éstas como una fuente sismogénica con caracteres propios de recurrencia y potencialidad, para de este modo reflejar con mayor realismo el PELIGRO SÍSMICO.

Historia Sísmica de la Región

La fuente de datos sobre las intensidades sísmicas proviene del trabajo de Silgado (1978). Los sísmicos mas importantes que afectaron la región y cuya historia data de los últimos años ha permitido conocer que la intensidad máxima, en la escala modificada de Mercalli (EMM) de los sismos que han ocurrido en esta zona es del orden de VI a VII grados (Mapa Geológico Sismotectónico), el ultimo sismo ocurrido el 04

de Abril de 1991 cuyo epicentro se localizó aproximadamente a 30 Km. Al Nor Este de la ciudad de Moyobamba, en las cercanías del cerro Angaisa, conocido como morro de Angaisa. Las localidades mas afectadas estuvieron ubicadas en las provincias de Moyobamba y Rioja.

En Moyobamba aproximadamente el 90% de las edificaciones de tapial fueron destruidas.

La zona de Topografía baja de la planicie en la que se encuentra la ciudad de Moyobamba, sufrió fallas en el suelo por efecto de las vibraciones sísmicas en suelos arenosos y con nivel freático alto. Este fenómeno ha causado daños materiales y personales en los sectores de tahuishco, azungue y shango.

Otro problema hecho evidente, durante este sismo, lo ocurrido en la zona de taludes que rodean a la ciudad de Moyobamba, habiéndose detectado deslizamientos y grietas en el terreno. Los distritos de Yántalo y Calzada también fueron seriamente afectados, habiéndose destruido un gran porcentaje de edificación que en su mayoría eran de tapial.

3.3. HIDROLOGIA DE LA ZONA

La preocupación mas grande con las precipitaciones, es pronosticarlas; los medios para hacerlos están basados en datos actuales o pasados o una combinación de los dos. Los datos pasados son registros pluviométricos para un periodo. Constituye la principal fuente de datos para determinar el intervalo de recurrencia de tormentas en un intervalo definido .

Los registros de la precipitación pluvial se obtiene con pluviómetros, la precipitación máxima probable es la intensidad o volumen máximo de lluvias que podría presentarse en la cuenca del área de estudios (Moyobamba); esta magnitud de la precipitación se utiliza con frecuencia como tormenta de diseño para las estructuras hidráulicas mayores, que han de servir en la cuenca.

3.3.1 CLIMATOLOGIA

Es imprescindible referirse a la influencia que ejercen los factores climatológicos sobre las formas topográficas, tratándose la zona en estudio como una región tipo selva alta con un relieve abrupto donde se encuentran cadenas montañosas y el Valle del alto Mayo.

Existe una serie de clasificaciones de climas; el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la elaboración del mapa de clasificación Climático del Perú se ha basado en la clasificación de W. THORNTHWAITE. Considerando el potencial de humedad, la evapotranspiración y el índice de aridez, se ha logrado diferenciar 4 tipos de climas:

- a)** Seco y cálido.
- b)** Semi seco y cálido.
- c)** Ligero a moderadamente húmedo y Semi cálido.
- d)** Ligero a moderadamente húmedo y cálido.

El clima de Moyobamba, dentro de esta clasificación es de ligero a moderadamente húmedo y Semi- cálido.

Según la clasificación de COPPEN. Debido a la variación en altitud y a los rasgos morfoestructurales, se dan principalmente 2 tipos de climas:

a) Clima Templado (Cw).- Moderado y lluvioso entre los 1000 y 2000 m.s.n.m., las temperaturas medias anuales oscilan entre los 17° a 21° C.

b) Clima de selva tropical (Af).- Es permanentemente húmedo con temperaturas promedios de 21° C. a superiores a 25° C, las precipitaciones exceden los 3000 mm. por año.

Dentro de esta clasificación la ciudad de Moyobamba tiene un clima de selva tropical permanentemente húmedo.

3.3.1.1 PRECIPITACIONES

Las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de Diciembre a Mayo, decreciendo en los meses de Junio a Noviembre.

Las precipitaciones pluviales, anuales, siempre son superiores a 1000mm sin sobrepasar lo 5000mm. La humedad atmosférica es alta durante todo el año igual que la evapotranspiracion.

Las áreas que se cubren con mayor frecuencia de nubes son los cerros al este de Moyobamba y el frente Oriental de la Faja Subandina que se comporta como barrera de contención de los vientos que desplazan las nubes desde el oeste.(ver plano N°04)

3.3.2 HIDROLOGIA

Es la ciencia que estudia la frecuencia y distribución del agua en la superficie de la tierra y su relación con los seres vivientes, o de manera general es la ciencia que estudia el agua.

Al tratar de la hidrología de la zona, básicamente nos referimos al conocimiento de los efectos naturales y económicos.

La ciudad de Moyobamba cuenta con un sistema de drenaje adecuado que nos permite encauzar las aguas provenientes de las lluvias.

3.3.3 HIDRAULICA DE LOS RIOS

La cuenca del Río Mayo es una de las cuencas que esta expuesta a alteraciones en su recorrido, debido a la sobre explotación de los recursos que inclusive llegan a la desertificación de área extensas.

El Río Mayo es el afluente más importante del Río Huallaga, tiene una longitud de más o menos 300 Km. Se origina a en la parte septentrional de la región, en una zona limítrofe con los departamentos de Amazonas y Loreto, por el nudo que une la cordillera Companqui con la Cordillera Pucatanbo.

Tiene un rumbo general NO – SE cambiando de rumbo entre Moyobamba y Lamas a SO – NE.

Entre su recorrido va formando fértiles valles; el alto Mayo y el Bajo Mayo existiendo entre ambas un fuerte cambio de pendiente con cauce encañonado entre Marona en la Provincia de Moyobamba y Pinto Recodo en Lamas.

Desemboca a 212 m.s.n.m en el Río Huallaga a 3km. Al Oeste de Shapaja con caudales que varían entre no menos de 100 m³/seg. Su fértil valle alberga poblaciones que tienen como núcleos principales las ciudades de Tarapoto, Moyobamba, Lamas, Rioja y Nuevo Cajamarca. En la cuenca de Río Mayo, la temperatura media es de 22.6° C temperatura máxima que llegan a 34 C°, mínima de 10.1C° y precipitación aproximada de 2000 mm anuales.

- La longitud del perímetro de la cuenca es de 620 Km., el área de la cuenca es de 8150 km²
- El perímetro del curso del río es de 300 Km. lineales.
- Nuestra cuenca es de forma alargada por arrojar el valor mayor que 1 igual a 1.9.
- La topografía del terreno es ligeramente accidentada.
- Su altitud media es de 1340.10 m.s.n.m.
- Tiene una pendiente del curso principalmente drenada.
- El curso del río es moderadamente sinuoso.

(Ver anexo N° 1)(ver plano N°05)

3.3.4 EROSION Y SEDIMENTACION

Los procesos de erosión hídrica acelerada que afectan a Moyobamba, están en relación directa con la litología del suelo y las condiciones climáticas de alta precipitación pluvial.

Los resultados de suelos nos indican que la capa superior es arcilla inorgánica, clasificada como (CL) de media y alta plasticidad, variando hacia el Este de una arcilla-limosa, a una arena limo-arcillosa; por debajo de la capa superior, el suelo se caracteriza por ser arena limosa semi suelta, muy susceptible a ser erosionada por el agua de lluvia.

Cuando la capa arcillosa no esta presente, por erosión, el suelo arenoso semisuelto, va socavando la zona de taludes, afectando al área urbana, en los sectores de los barrios de Calvario y Zaragoza hacia el Este y barrio de Belén sector Shango al Oeste.

Los sedimentos arenosos erosionados de la parte alta de la ciudad son acumulados en las zonas de topografía baja, formando bancos de arena, la cual es empleada en algunos casos como material de construcción (sector Huastilla)

3.3.5 HIDROGEOLOGIA

La presencia de agua subterránea en el suelo, ha sido determinada por la profundidad del nivel freático, observado en las excavaciones manuales (calicatas) realizadas para la obtención de muestras de suelo.

En las zonas del Mercado Ayaymama y el coliseo cerrado, debido a la existencia de una pequeña laguna en un área depresionada de la meseta; se observa agua del subsuelo por filtración lateral, cerca a un metro de profundidad. En los demás sectores de la ciudad el nivel freático es profundo.

Es necesario considerar que la parte inferior de la meseta y cercanamente a la parte inferior de la zona de taludes, se presentan afloramientos de agua de subsuelo, en dichas zonas circundantes el nivel freático es alto caso de los sectores de Shango y Azungue.

3.4. EXPLORACION GEOTECNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.4.1 Generalidades.

Desde hace mucho tiempo atrás el hombre ha estudiado el suelo sobre el que vive, presentando variadas teorías en la solución de los problemas relativos al uso del mismo.

Toda obra de construcción civil, por pequeña o grande que sea la estructura se inicia y apoya teniendo siempre como medio de fundación un suelo.

El suelo por su complejidad requiere ser estudiado en forma minuciosa con pericia y precisión, de lo cual depende la seguridad y vida útil de cualquier obra de construcción civil.

Antes los problemas de mecánica de suelos se resolvían en forma empírica o por tanteos, trayendo consecuencias como riesgo de seguridad y economía.

Hoy en día existen Laboratorios experimentados de Mecánica de Suelos para todo tipo de investigaciones y estudios.

Para la realización del estudio de Mecánica de Suelos de la zona, se realizó los sondeos con la finalidad de determinar los tipos de suelos y sus características físico - mecánicas.

En el presente proyecto se ha realizado la excavación de calicatas a profundidades de 2.50 m por debajo de la subrasante, realizado a cielo abierto, permitiendo examinar en su estado natural las características físicas y mecánicas del terreno en estudio.

3.4.2 Exploración de suelos.

3.4.2.1 Reconocimiento de Campo

Ha sido necesario hacer una adecuada obtención de las muestras de suelo, para el envío de las mismas al laboratorio y obtener resultados confiables.

En la delimitación del área de estudio que ocupa la ciudad y las zonas de expansión urbana, se ha cuidado en lo posible de no alterar el ámbito de la vida de los pobladores, animales y flora, y también las instalaciones subterráneas de la red de agua y desagüe.**(ver plano N°06)**

3.4.2.2 Excavaciones a Cielo Abierto (Calicatas)

Una vez escogida la ubicación donde se realizaran las excavaciones, así como el número y la profundidad de estas, se procedió a excavar las calicatas, o **pozos** a cielo abierto que nos permitió observar las características de los estratos y medición de los mismos.

En nuestro proyecto, hemos realizado 36 calicatas de las dimensiones 1.00 m. de ancho x 2.00 m. de largo a 2.50 m de profundidad, distribuidas convenientemente en el área de estudio.

Muestreo disturbado.- Se han recuperado muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados durante las excavaciones, en cantidad suficiente o representativa, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Muestreo Inalterado.- Se han recuperado muestras inalteradas de las calicatas a una profundidad promedio de 2.50 metros y acondicionadas para el traslado al laboratorio.

Registro de excavaciones.- Paralelamente se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como el buzamiento, humedad, plasticidad, peso volumétrico, etc.

3.4.2.3 Espaciamiento y Características de las Calicatas

El espaciamiento de las calicatas y las características de cada una de ellas varían de acuerdo a la topografía, y ubicación de las zonas pobladas o donde se puede extender urbanamente Moyobamba; tomándose principalmente las zonas donde existe mayor concentración de movimiento local, llámese centro ciudad, donde se ubican los locales gubernamentales, etc.

Las calicatas fueron realizadas según la Norma Técnica ASTM D 420, las cuales son aplicables a todos los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS).

Los autores y estudiosos indican que para estudios como el muestreo, a fin de lograr una buena precisión del perfil estratigráfico del suelo, se deben tomar muestras a distancias entre los 40 m y 100 m, pero en realidad para lograr perfiles estratigráficos que sean más reales, se deben tomar muestras en distancias más cortas; lo que traería como consecuencia un gasto económico muy alto, por lo que, considerando las características geográficas, geológicas y sociales de la zona hemos optado por realizar la excavación de calicatas en las zonas por donde se concentra el mayor movimiento poblacional y en las zonas urbanas de Moyobamba donde se realiza nuestra investigación.

Por ser nuestro proyecto basado en una elaboración de una Microzonificación Urbana, en el presente proyecto, se han realizado la excavación de 36 calicatas o pozos a cielo abierto a una profundidad no menor de 2.50 m; las cuales estaban propensas a cambios, de acuerdo a los diferentes factores como pueden ser el Nivel freático, impedimento por ser de carácter cultural, y otras.

El Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), nos ha permitido examinar en su estado natural las características de los tipos de suelo, que constituyen cada estrato de la zona en estudio, haciendo una descripción completa de los mismos midiendo su potencia y clasificando, los suelos en forma precisa por su textura, las técnicas de muestreos se ha realizado con la Norma Aplicable ASTM D 420.

Las muestras llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Cesar Vallejo, fueron las más representativas y en las cantidades reglamentarias para cada tipo de material, escogidas luego del cuarteo respectivo.

Para el transporte de las muestras extraídas, se han utilizado bolsas plásticas y tapers cerrados herméticamente, a las cuales para su identificación, se les colocó etiquetas con los siguientes datos:

- Nombre del Proyecto.
- Lugar de ubicación.
- Fecha de excavación.
- Número de calicata.
- Número de estrato.
- Tipo de muestra.
- Profundidad de la muestra.
- Técnico responsable.
- Perfil estratigráfico.

En el presente estudio se realizaron 36 calicatas:

- 10 Realizadas por el INDECI
- 10 Realizadas por la Municipalidad Provincial de Moyobamba.
- 16 De la tesis de la UCVT

3.4.3 Ensayos de Laboratorio

Para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o de muestreo de la fase de investigación de campo, se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante la ejecución de los ensayos estándar y especiales que se indican a continuación:

1.- ENSAYOS ESTANDAR	NORMA USADA
1.1 Contenido de Humedad Natural	ASTM D2216
1.2 Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422

1.3 Limite Líquido y Limite Plástico	ASTM D4318
1.4 Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2487
1.5 Peso Específico del Sólido	ASTM D854
1.6 Gravedad Específica de Los Sólidos	ASTM D856
1.7 Peso Volumétrico	ASTM D2937

2.-ENSAYOS ESPECIALES **NORMA USADA**

2.1 Corte Directo ASTM D422

2.2 Consolidación

Los ensayos estándar y especiales de laboratorio se han efectuado en cada una de las muestras alteras e inalteradas, recopiladas en las calicatas, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, de la facultad de Ingeniería Civil de La Universidad Cesar Vallejo de Trujillo.

(VER ANEXO N°2)

3.4.4 Clasificación de Suelos SUCS para el Área de Estudio

El método directo para resolver un problema de Ingeniería de Suelos consiste en primer lugar determinar las propiedades del suelo, utilizando luego este valor en una expresión racional para obtener la respuesta al problema.

Por estas razones es muy útil dividir los suelos en grupos con comportamiento semejante y a esto se le denomina clasificación de suelos.**(ver plano N°07)**

Los suelos existentes de mayor importancia por su mayor distribución tanto horizontal como vertical, son de tipo:

- 1) Arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL)
- 2) Arenas Arcillosas (SC)
- 3) Arenas Limosas (SM)
- 4) Arcillas inorgánicas y orgánicas plásticas (CH, OH)

De poca importancia son los suelos orgánicos de textura arcillosa de consistencia plástica, localizados en áreas depresionadas y de limitada distribución horizontal y vertical.

Los suelos encontrados han sido clasificados en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), siendo los suelos predominantes en el área de estudio los siguientes

ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD (CL)

Suelos arcillosos que se encuentran en la parte plana de la ciudad(meseta), en las zonas de expansión urbana en el sector los algarrobos , AAHH 2 Junio y Jorge Chávez.

ARENAS ARCILLOSAS (SC)

Suelos que se encuentran en el sector Azunge, en los taludes del Barrio de Zaragoza y de Calvario, así como en el Puerto de Taushico.

ARENAS LIMOSAS (SM)

Suelos que se encuentran en la parte de las riberas de la quebrada de Rumiaco, y de los taludes de los Barrios de Lluyllucucha y Belen.

3.4.5 Capacidad de Carga Admisibile

3.4.5.1 Capacidad de Carga Admisibile por Falla al Corte

La capacidad de carga admisibile de los suelos, en el área de estudio a nivel de cimentación considerado 1.50 m. Para el caso de una zapata aislada, se determina en forma general por la fórmula de KARL TERZAGHI.

$$q_u = C N_c + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

$$q_u = 2/3 C N'_c + \gamma D_f N'_q + 1/2 \gamma B N'_\gamma$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

Donde:

q_u : Capacidad Última de Carga

q_{ad} : Capacidad Admisibile de Carga

F_s : Factor de Seguridad

γ : Densidad Natural

B : Ancho de la Zapata

D_f : Profundidad de la Cimentación

C : Cohesión

N'_c, N'_q, N'_γ : Factores de Carga en Función del Angulo de Fricción " ϕ "

N_c, N_q, N_γ : Factores de Carga en Función del Angulo de Fricción " ϕ "

Los resultados obtenidos para cada una de las zonas se muestran a continuación:

La capacidad portante es de 0.50 Kg/cm². Ubicada en el área de expansión urbana en el Sector Bella Aurora.

La capacidad portante es de 0.64 Kg/cm². Ubicada en el área de expansión urbana en el AA.HH 2 de Junio.

3.4.5.2 Capacidad de Carga Admisible por Asentamiento

Se determina en base a la teoría de la elasticidad y conociendo el tipo de cimentación recomendado, los valores permisibles de asentamiento total se presentan en la tabla N°1., El asentamiento inicial para:

$$S = \frac{\Delta q_s B(1 - u^2) l_w}{E_s}$$

S = Asentamiento en cm.

Δq_s = Esfuerzo neto transmitido (Kg./m²)

B = Ancho de la cimentación (m)

E_s = Modulo de elasticidad (Kg./m²)(Tabla N° 2)

u = Relación de Poisson (Tabla N° 3)

l_w = Factor de influencia, en función de la forma y rigidez de la cimentación (Tabla N° 4)

Del ensayo de **consolidación** se obtiene el asentamiento para los suelos arcillosos de baja plasticidad (CL), se determinara mediante la expresión.

$$\Delta H = \frac{C_c \text{ Log } (P_i + \Delta P)}{1 + e_0} \frac{H}{P_i}$$

Cc = Índice de compresión
e_o = Relación de vacíos
P_i = Presión ínter granular o efectiva (Tn/ m²)
ΔP = Incremento de la presión al suelo por sollicitación externa (Tn/m²)
H = Espesor externa en estudio
ΔH = Asentamiento en (m)

Los resultados obtenidos para cada una de las zonas se muestran a continuación:

La capacidad portante es de 0.32 Kg/cm². Y el asentamiento es 3.14 cm. Ubicada en el área de expansión urbana en el Sector Bella Aurora.

La capacidad portante es de 0.71 Kg/cm². Y el asentamiento es 1.80 cm. Ubicada en el área de expansión urbana en el A.A.H.H 2 de Junio.

CAPITULO IV

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

4.1.- MAPA DE PELIGROS GEOTÉCNICOS

Los fenómenos de origen geotécnico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en el área de estudio es:

4.1.1.- Fenómenos de Origen Geotécnicos

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./cm². 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.

Cambio de Volumen por Cambios en el Contenido de Humedad

Se producen en el suelo de cimentación con un 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 de contenido de humedad y que ocurren en las épocas más secas y calurosas del año.

4.1.2.- Evaluación de Peligros Geotécnicos

Los peligros de origen geotécnico de mayor incidencia en la ciudad de Moyobamba se dan por las siguientes razones:

- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad portante).
- Cambios de volumen por cambios de contenido de humedad.

4.1.3.- Zonificación de Peligros Geotécnicos

La zonificación de peligros de origen geotécnico para la ciudad de Moyobamba se presenta en el **PLANO N°08**, para lo cual se han establecido 3 zonas:

Zona de Peligro Medio

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a moderada con nivel freático profundo, la capacidad portante es de 1.00 Kg./cm² a 1.50 Kg./cm².

Zona de Peligro Alto

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a fuerte, cauces de ríos, quebradas y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático medio (de >4 m), la capacidad portante se encuentra entre 0.50 Kg./cm² a 1.00Kg./cm².

Zona de Peligro Muy Alto

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente fuerte a muy fuerte, cauces de ríos y quebradas y areas adyacentes, donde se tiene nivel freático superficial (de <0.50 m), la capacidad portante se encuentra es <0.50 Kg./cm². En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es muy alta.

De acuerdo a la zonificación de Peligros Geotécnicos presentada en el **PLANO N° 08**, Se desprende lo siguiente:

- a) Zona de Peligro Medio, Se considera la parte plana (meseta) de la Ciudad de Moyobamba, entre los jirones 20 de Abril,

independencia, Miraflores y las zonas que incluye las áreas de expansión urbana en el lado izquierdo de la carretera a los baños termales en el sector Los Algarrobos.

- b) Peligro Alto el área comprendida entre los jirones Bolívar, Junín, Lamas y Puno en el Barrio de Zaragoza.

- c) Peligro Muy Alto las zonas del puerto de Tahuihscó, Azungue y Shango tienen suelos consistentes de arena fina, limosa y nivel freático alto, existiendo licuefacción de suelos.

4.2.- MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS CLIMÁTICOS

4.2.1.- Fenómenos de Origen Geológico-Climático

Los fenómenos de origen geológico- climático de mayor incidencia en la ciudad de Moyobamba son los procesos erosivos que con el sucesivo proceso de socavamiento, producen deslizamientos en las zonas de taludes o pendientes pronunciadas. Los deslizamientos y hundimientos de estas zonas, produce la acumulación de material en las zonas bajas las que son arrastradas por las quebradas y torrenteras.

Así mismo la presencia de afloramientos de agua en zonas donde existe suelos arenosos, podrían producir el fenómeno de licuefacción por acción sísmica, y en suelos arcillosos grandes asentamientos por debilitamiento de la resistencia al corte.

4.2.2.- Evaluación de Peligros Geológicos-Climáticos

Los peligros de origen geológicos climáticos en la ciudad de Moyobamba, esta dado por el desplazamiento lateral de los suelos areno limosos, principalmente por la acción hídrica y el hundimiento de estos suelos en las partes de topografía baja y nivel freático alto.

Los fenómenos de agrietamientos del terreno se producen en las zonas altas y el talud que separa el río Mayo con la meseta.

4.2.3.- Zonificación de Peligros Geológico-Climáticos

La zonificación de peligros de origen geológicos climáticos para la ciudad de Moyobamba que se presenta en el **PLANO N ° 09**, para el cual se han establecido 3 Zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

Zona de Peligro Medio

Son aquellas zonas donde el terreno es de pendiente moderada y sus formaciones geológicas son suelos de origen residual de propiedades geotécnicas de menor estabilidad del terreno. En esta zona ocurren pequeños problemas de erosión por acción hídrica en época de lluvias.

Zona de Peligro Alto

Son aquellas áreas de pendientes moderadas y presentan propiedades geomecánicas medias, En estas zonas ocurren fenómenos de erosión por acción hídrica en época de lluvias, pequeños derrumbes y licuefacción de arenas.

Zona de peligro Muy Alto

Son áreas de cauces de ríos y quebradas, terrenos con pendientes muy fuertes, En esta zona existen intensos problemas de erosión, agrietamientos y deslizamientos por acción hídrica en época de lluvias. Zona de licuefacción de suelos arenosos con presencia de la napa freática alta.

De acuerdo a la zonificación de Peligros Geológicos - Climáticos presentada en el **PLANO N° 09**, se puede desprender lo siguiente:

- a) Peligro Medio Se considera la parte plana (meseta) de la Ciudad de Moyobamba los barrios de Lluyllucucha, Calvario, Zaragoza y Calvario.
- b) Peligro Alto los Bordes cercano a los taludes de la ciudad se puede considerar como Peligro alto puesto que existe erosiones parciales en época de lluvias.
- c) Peligro Muy Alto la zona de taludes y barrancos, existe erosión hídrica y deslizamiento de suelos blandos (areno limoso).
Actualmente se viene produciendo un deslizamiento progresivo del talud cercano al Hotel Puerto Mirador ubicado en el barrio de Zaragoza.

4.3.- MAPA DE PELIGROS CLIMÁTICOS, HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

4.3.1.- Fenómenos de Origen Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos

En la ciudad de Moyobamba, los eventos trágicos desatados por las lluvias en los últimos años han motivado la preocupación de la población y del gobierno local, esto ha generado un concepto de peligros como variable en la formulación de planes de ordenamiento local. Estos fenómenos son originados por 3 factores:

- El acelerado crecimiento de la población urbana sin tener en cuenta la planificación urbanística originando los asentamientos humanos en zonas de riesgo.
- La intervención incontrolada de las cuencas hidrográficas altas a través de la deforestación, originando la alteración del ciclo hidrológico.

- Los cambios climáticos presentados en los últimos tiempos genera una probabilidad de ocurrencia de lluvias de alta intensidad sobre las cuencas hidrográficas de los ríos de la zona, generando inundaciones en el área urbana.

4.3.2.- Evaluación de Peligros Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos.

Las ciudad de Moyobamba, se ubica en la cuenca Hidrográfica del río Mayo. Así mismo soporta el cauce de las torrenteras de las quebradas Azunge y Rumiyacu.

4.3.3.- Zonificación de Peligros Climáticos, Hidrológicos e Hidráulicos.

En el **PLANO N°10** se muestra el mapa de peligros climáticos, hidrológicos de la ciudad de Moyobamba, el cual se divide en 4 sectores según el grado de peligro:

Zona de Peligro Bajo

Esta zona comprende los terrenos con pendientes muy suaves a moderadas. En esta zona las precipitaciones solo producen inundaciones superficiales repentinas, no ocurren fenómenos climáticos de gran magnitud tampoco se presentan inundaciones generados por ríos y/o quebradas.

Zona de Peligro Medio

Son aquellas áreas de pendiente moderada. En esta zona las precipitaciones intensas producen inundaciones medias. Existe transporte moderado de sedimentos.

Zona de Peligro Alto

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente fuerte, El flujo de escorrentía es repentino e intenso y el transporte de sedimentos es moderado a intenso.

Zona de Peligro Muy Alto

Son aquellas áreas de fondo de cause de ríos y quebradas, terrenos con pendiente muy pronunciada, laderas muy empinadas de ríos y quebradas y relleno de causes antiguos. En esta zona las precipitaciones intensas producen inundaciones medias a profundas .Existen flujos de lodos y colmatación de material de arrastre.

De acuerdo a la zonificación de peligros climáticos, hidrológicos e hidráulicos presentada en el **PLANO N°10**, se desprende lo siguiente:

- a) Peligro Bajo las áreas comprendidas dentro de la parte plana (meseta) de la ciudad Moyobamba. Teniendo en cuenta los datos hidrometeorológicos el efecto de inundación en el centro de la ciudad no es significativo, puesto que esta se encuentra en una meseta a 86 m. con respecto al río mayo. Las zonas de los asentamientos 2 de Junio, Jorge Chávez, Alfonso Ugarte y la zonas de expansión urbana (Los Algarrobos).
- b) Peligro medio la zona cercana a los taludes de la ciudad.
- c) Peligro Alto los sectores de la quebrada de rumiyacu bajo hasta su desembocadura en el río mayo. La zona de los taludes y barrancos.
- d) Zona de peligro Muy Alto puerto de Tahuishco por inundación del río en época de máxima avenida de agua.

4.4.- Mapa de Peligros Múltiples

4.4.1.- Zonificación de Peligros Múltiples

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de fenómenos de origen geológico (sismos), geológicos-climáticos, geotécnicos y climáticos hidrológicos e hidráulicos en el área de estudio que comprende la ciudad de Moyobamba, se procedió a preparar el Mapa de Peligros Múltiples que se presenta en el **PLANO N°11**.

Zona de Peligro Medio

En esta zona las precipitaciones intensas producen: inundaciones superficiales, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentino y moderado, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.00Kg./cm^2 a 1.50 Kg./cm^2 y la amplificación de ondas sísmica es media. Se recomienda el uso urbano de media a alta densidad.

Zona de Peligro Alto

En esta zona las precipitaciones producen: inundaciones medias repentinas, flujo de de escorrentía y transporte de sedimentos repentino a moderado, flujos de lodos. Se presentan problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos. La capacidad portante del terreno se encuentra entre 0.50 Kg./cm^2 a 1.00 Kg./cm^2 y su amplificación por ondas sísmicas es alta.

Zona de Peligro Muy Alto

En esta zona las precipitaciones intensas producen: inundaciones medias a profundas repentinas, flujos de lodo en forma frecuente, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión, derrumbes, agrietamientos y asentamientos de suelos activados en

épocas de lluvia, la capacidad portante se encuentra $< 0.50 \text{ Kg./cm}^2$ a , y su amplificación por ondas sísmicas es muy alta.

De acuerdo a la zonificación de peligros múltiples presentada en el **PLANO N°11**, se desprende lo siguiente:

- a) Zona de Peligro Medio en la parte plana (meseta) de la ciudad de Moyobamba, que comprende los Barrios de Lluyllucucha, Calvario, Zaragoza, y las áreas de expansión urbana en el lado izquierdo de la carretera a los Baños Termales en el sector los Algarrobos.
- b) Peligro Alto En las áreas de bordes de los taludes, así como la ribera de la quebrada Rumiyacu.
- c) Peligro Muy Alto En la zona de taludes y barrancos, Puerto Tahuishco, Azunge y Shango.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Los sedimentos del cuaternario son depósitos de origen fluvial, coluvial y residual, estos suelos son características del área de estudio .
2. La estructura del subsuelo que afectan a la ciudad de Moyobamba, son los sistemas de fallas longitudinales al rumbo regional y fallas transversales al rumbo de la cordillera andina, las que son de corto recorrido.
3. Los fenómenos de licuefacción, erosión e inestabilidad de taludes son los principales problemas de la ciudad de Moyobamba, en cuanto a las condiciones locales del suelo.
4. El fenómeno de licuefacción de suelos se presentan en los sectores de Azungue, Shango y Tahuishco.
5. Los depósitos cuaternarios y terciarios están en relación son el origen de los suelos existentes.
6. Según el mapa de zonificación sísmica del país, el departamento de San Martín, se encuentra en la zona II, con una sismicidad media.
7. Los peligros de origen Geológicos – Climáticos de mayor incidencia en el área de estudio, son por deslizamiento, socavamiento, desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos, procesos que se ven favorecidos por una alta pendiente del terreno, baja o pobre consistencia de las partículas de los materiales y el agua de lluvia en su acción de erosión, transporte y sedimentación, siendo de especial interés, los procesos que ocurren en las laderas o taludes.

8. 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 el incremento del contenido de humedad, pérdida de resistencia mecánica por licuefacción de suelos arenosos, pérdida de la capacidad portante por presencia del nivel freático.

9. La ciudad de Moyobamba, se ha dividido en 5 niveles de peligrosidad en función a la ocurrencia de peligros de origen geológico (sismos), geológicos - climáticos, geotécnico y climático-hidráulico-hidrologico.

Zona de peligro Medio:

Zona de inundaciones superficiales medias repentinas y de corta duración con moderado transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidades de erosión, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.50 kg/cm² a 2.00 kg/cm² y la amplificación de las ondas sísmicas es media.

Zona de peligro Alto:

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, problemas de derrumbes, agrietamientos, deslizamientos de suelos y desprendimientos de rocas por la acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de 1.00 kg/cm² a 1.50 kg./cm², existe variación de volumen del suelo por cambios en su contenido de humedad y la amplificación local de las ondas sísmicas es alta.

Zona de peligro Muy Alto:

Zona de inundaciones medias a profundas, repentinas, frecuentes y de corta duración, con transporte de sedimentos repentino e intenso, flujos de lodos en forma frecuente, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión, de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en épocas de lluvias y desprendimientos de rocas y derrumbes de suelos por la acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de 0.35 kg./cm², a 1.00 kg/cm² y la amplificación local de ondas sísmicas es muy alta.

De acuerdo a la zonificación de peligros múltiples presentada en el **PLANO N°13**, se desprende lo siguiente:

En la parte plana (meseta) de la ciudad de Moyobamba, que comprende los Barrios de Lluylucucha, Calvario, Zaragoza, y las áreas de expansión urbana en el lado izquierdo de la carretera a los Baños Termales en el sector los Algarrobos, se encuentran en la zona de Peligro Medio.

En las áreas de bordes de los taludes, las zonas entre los jirones Bolívar, Junín, Lamas y Puno en el Barrio Zaragoza, se consideran como Peligro Alto.

En las áreas altas de la ciudad, zona de taludes, Puerto Tahuishco, Azunge, Shango, se consideran de Peligro Muy Alto.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda considerar el efecto sísmico en el diseño de las estructuras.
- 2.- Las cimentaciones a considerar serán zapatas rectangulares superficiales desplantadas a 1.60 m de profundidad mínima, conectadas con vigas y/o plateas de cimentación en las zonas de suelos de características arcillosas.
- 3.- Los elementos de la cimentación deberán ser diseñados de modo que la presión de contacto o carga estructural del edificio entre el área de

cimentación sea inferior o cuando menos igual a la presión de diseño o capacidad admisible.

- 4.- Previamente a las labores de excavación de las zanjas para los cimientos de los edificios, deberán eliminarse todos los materiales de relleno, en los lugares que existe.
- 5.- Considerar que en el área de estudio se presentan precipitaciones pluviales de gran intensidad, y existiendo zonas inundables es necesario diseñar sistemas de drenaje adecuados, para evacuar las aguas pluviales tomando como base los resultados del estudio hidrológico.
- 8.- En la zona de pendientes pronunciadas o taludes se deberá reforestar las mismas para evitar la erosión hídrica y deslizamientos de suelos.
- 9.- La población y las autoridades locales y regionales deberán tomar medidas para prevenir y mitigar los desastres causados por fenómenos naturales.

BIBLIOGRAFIA:

- ALVA HURTADO J.E., MENESES J.F Y GUZMAN V. (1984).
“Distribución de Máximas Intensidades Sísmica Observadas en el Perú”.
V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna Perú.
- ALVA HURTADO J.E., GIESECKE A. Y RIOS R. (1990), “El Terremoto de Rioja del 29 de Mayo de 1990”, Informe preparado para CERESIS, Lima Perú.
- CHARIARSE V., CUADRA C. Y GALLADO J. (1991), “Evaluación de Daños Causados por el Terremoto de Rioja del 29 de Mayo de 1990 en la Región del Alto Mayo”, CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
- FUKUMOTO S., ALVA HURTADO J. E., MENESES J.F. Y NISHIMURA T. (1991), “ The Mayo 29, 1990, Rioja Eartuqueke”, Fourth Internacional Conference on Seismic Zonation, Stanford University, Stanford, California, Vol II, pp 801-810.
- KUROIWA J. Y DEZA E. (1968), “Daños Causados en Moyobamba por el Sismo del 19 de Junio de 1968”, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

- MONGE F. (1990), “Efectos Geológicos del Sismo del 29 de Mayo de 1990 en el Departamento de San Martín, Perú”, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.
- SILGADO E. (1978), “Histograma de los Sismos más Nobles Ocurridos en el Perú (1513-1974)” Instituto de Geología y Minería, Boletín N°3, Serie C, Lima, Perú.
- CASTILLO ALVA, J.(1993), Estudio de Peligro Sísmico en el Perú.
- KUROIWA, J. (1990), Prevención de desastres. Editorial Bruño. Lima – Perú.
- J.E. ALVA HURTADO, PHD, Licuación de suelos en el Perú.
- INADUR, Instituto de Desarrollo Urbano (MOYOBAMBA)
- JUAREZ BADILLO – RICO RODRIGUEZ, Mecánica de suelos – Tomo I.
- JUAREZ BADILLO – RICO RODRIGUEZ, Mecánica de suelos–Tomo II.
- INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO (PERU), Geología de los Cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui. (Boletín 122)

- Ing: JULIO KUROIWA. (2002). Reducción de Desastres – Vivienda en Armonía con la Naturaleza.

- Ing: CANALES RUMICHE, PAUL STEWARD

Ing: TANTAJULCA ROMERO, DENIS WILTER

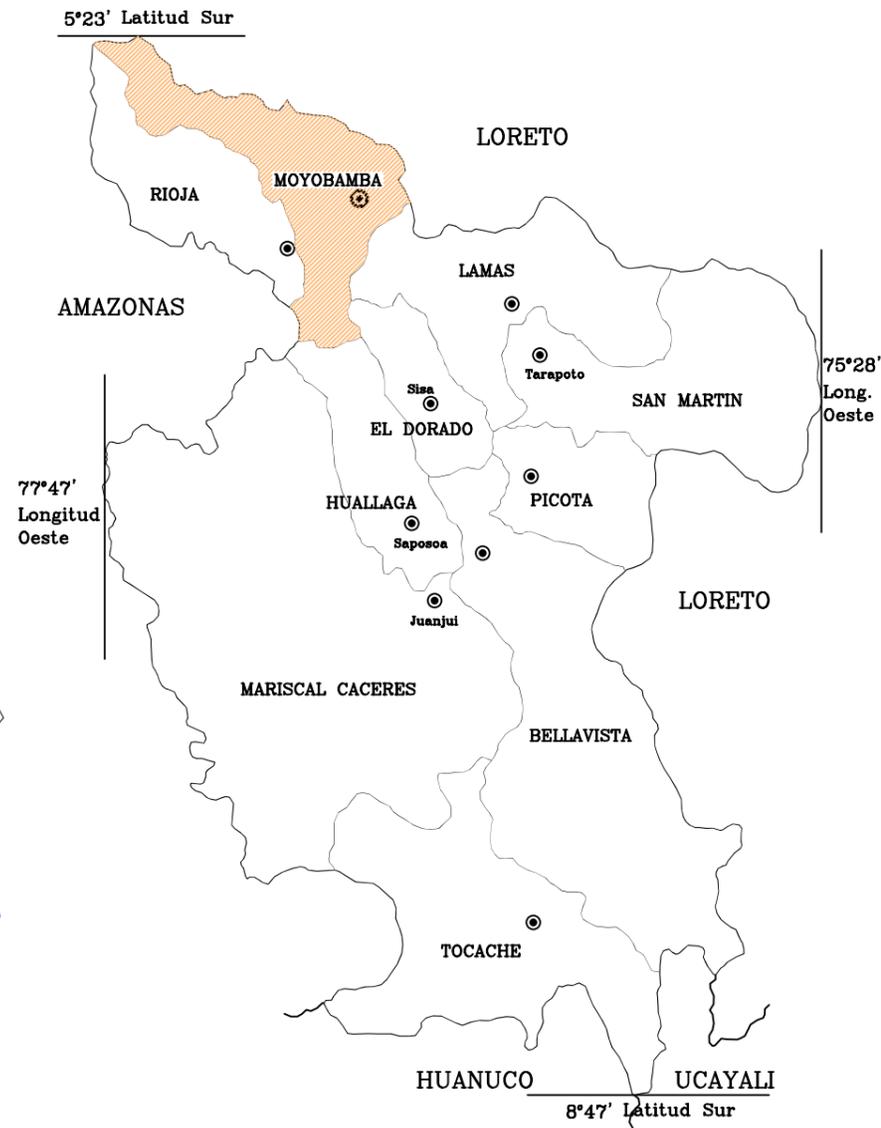
Microzonificación de Usos de Suelos de la Ciudad de Huanchaco Ante

Peligros Naturales: Sismos e inundaciones.

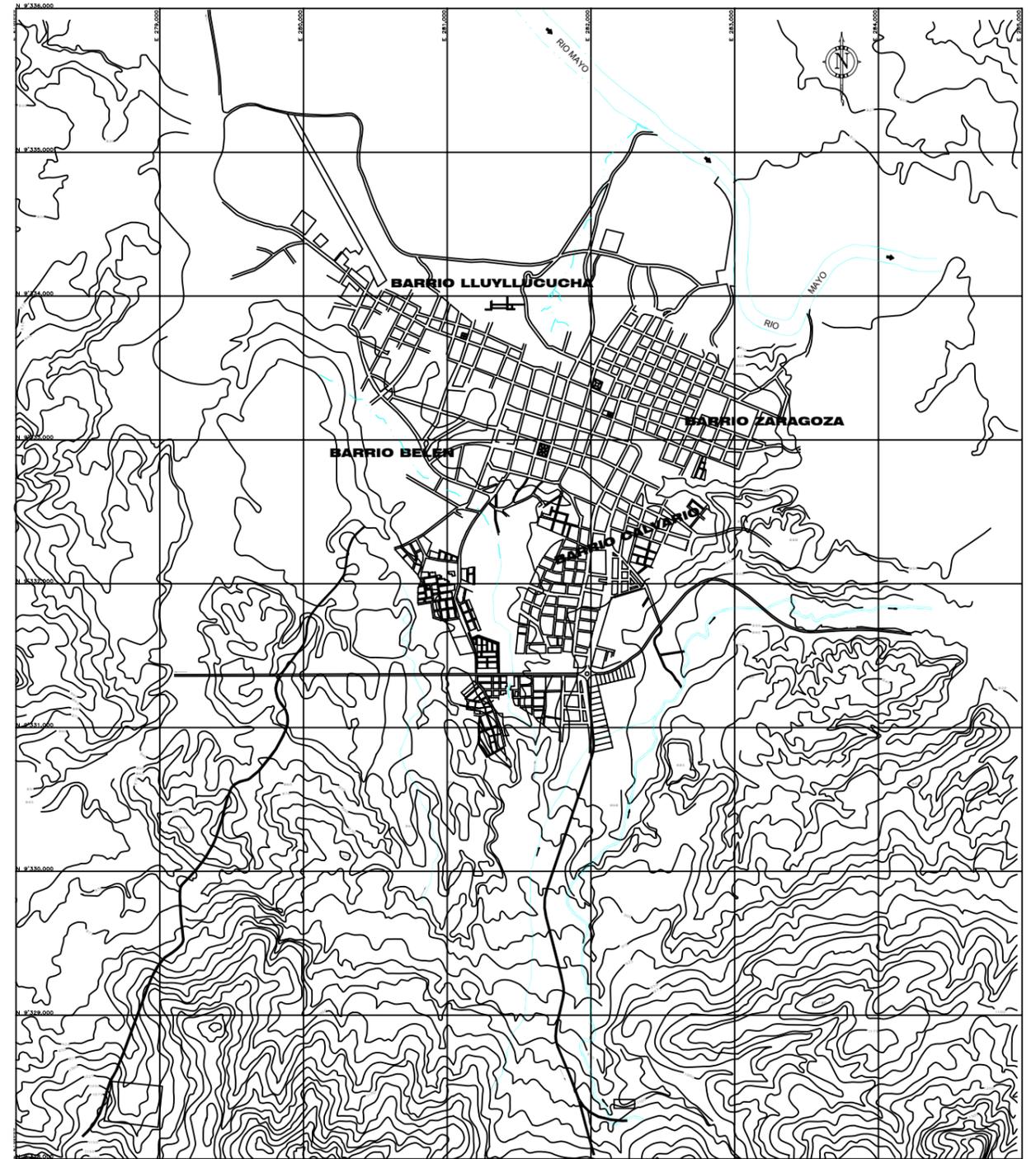
UBICACION EN EL PERU



REGION SAN MARTIN



MOYOBAMBA



LEYENDA

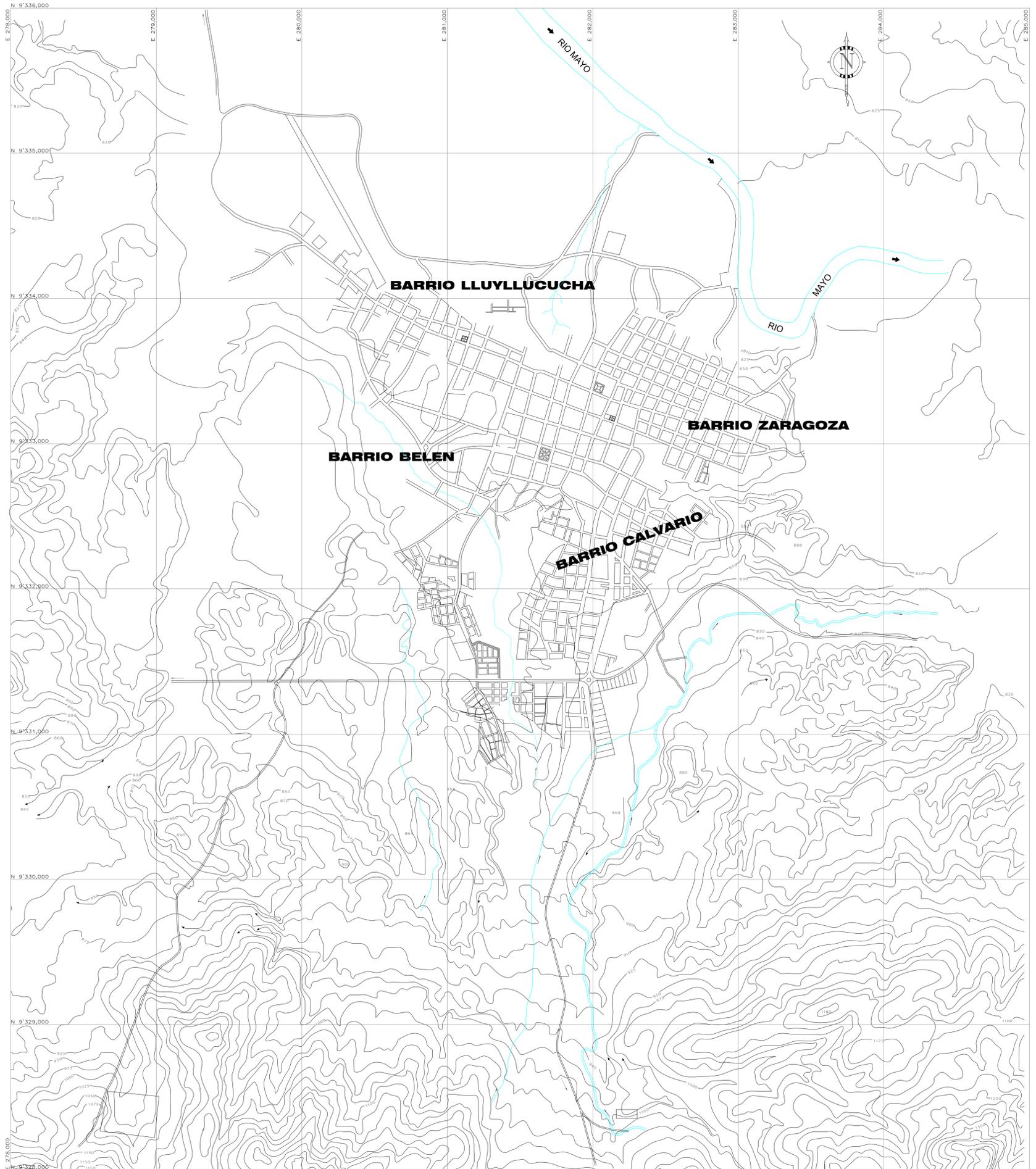
- LIMITE DEPARTAMENTAL
- LIMITE PROVINCIAL
- ⊙ CIUDAD CAPITAL
- CAPITAL PROVINCIAL



INDECI - PNUD - PER 02 / 51

PROYECTO:	CIUDADES SOSTENIBLES	PLANO:	01
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA	ESCALA:	
MAPA:	UBICACION DEL AREA DEL ESTUDIO		

MOYOBAMBA

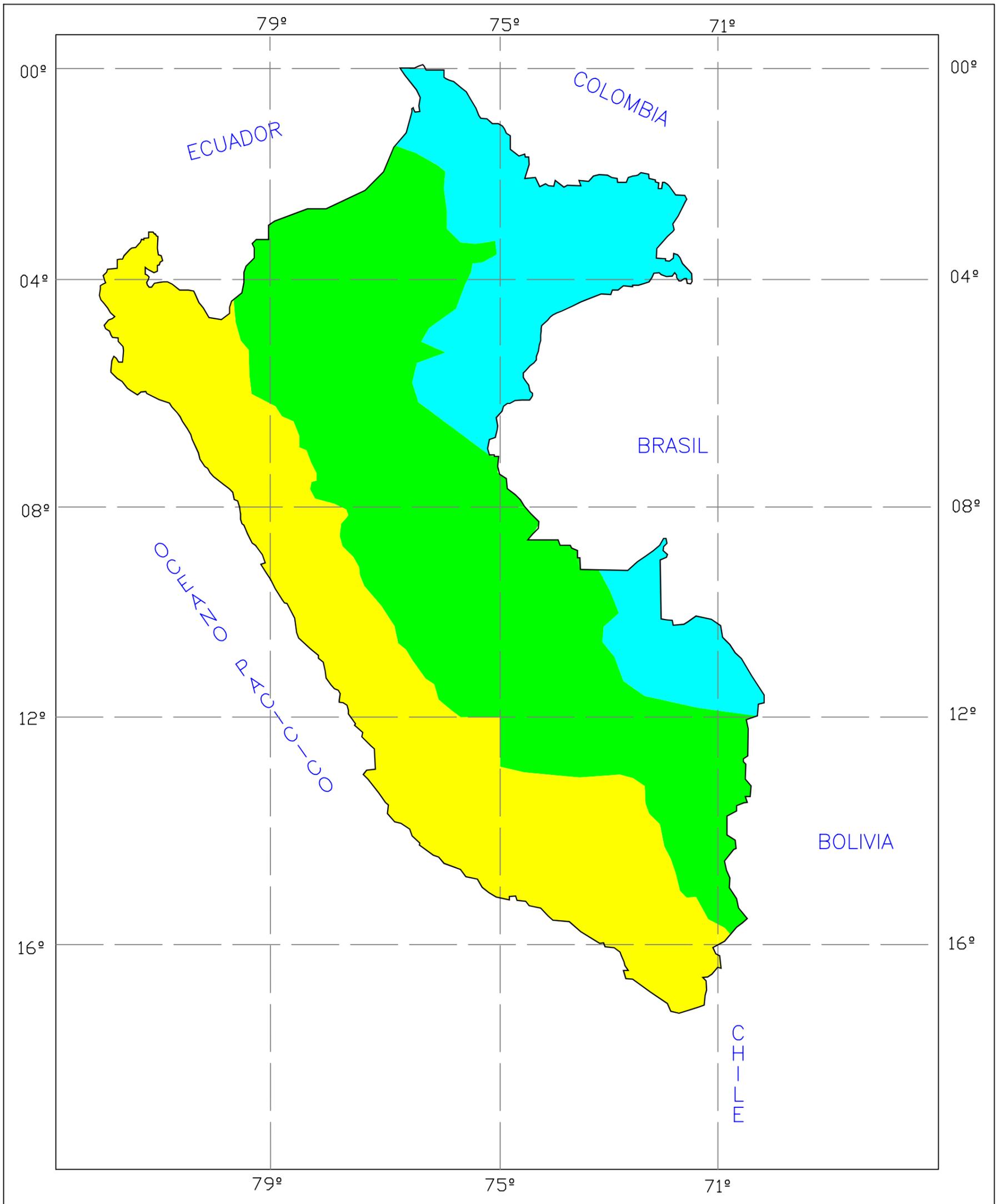


LEYENDA



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO:	CIUDADES SOSTENIBLES	PLANO:
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA	02
MAPA:	PLANO TOPOGRAFICO	ESCALA: 1 : 15 000



LEYENDA

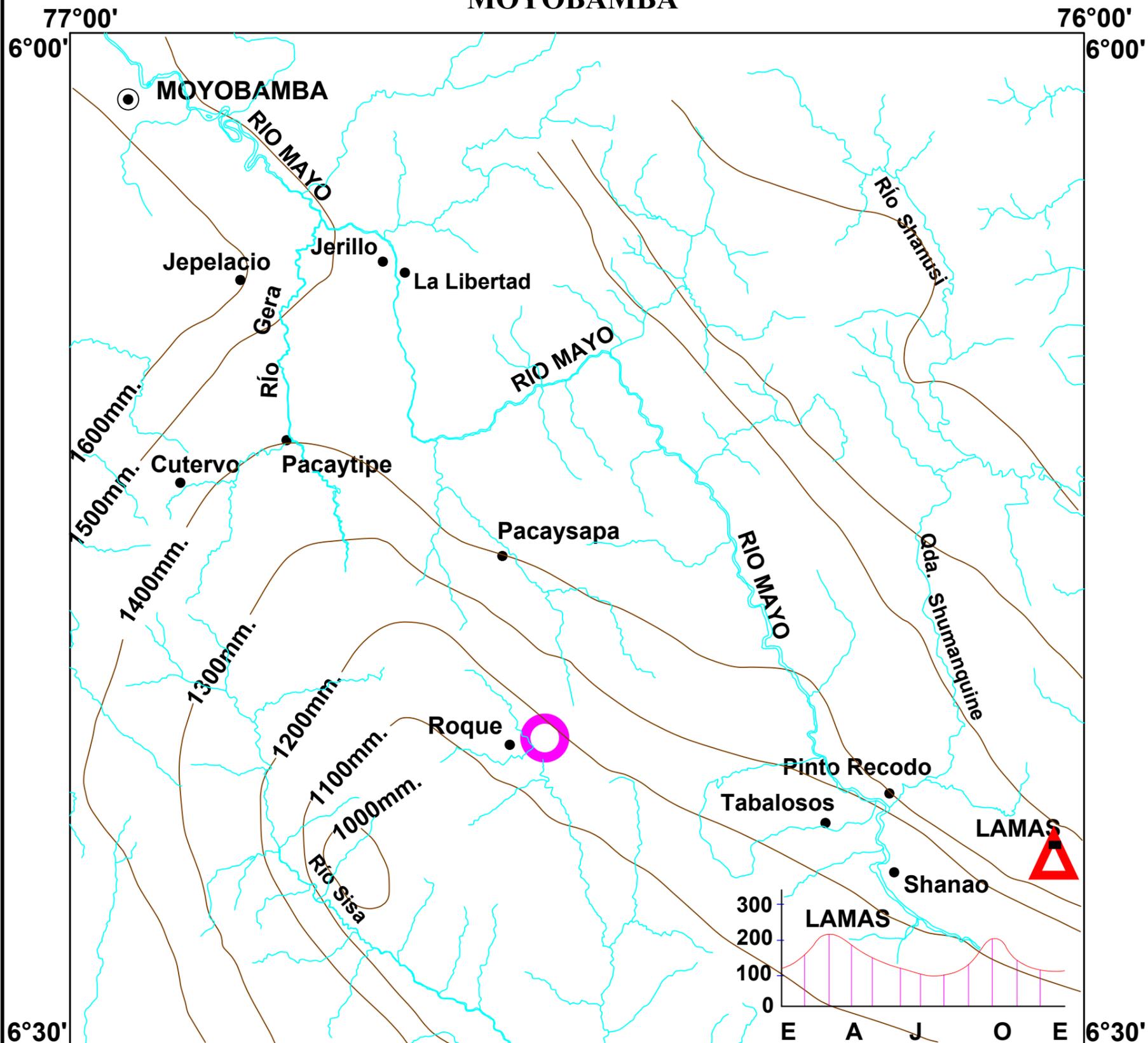
- ZONA 1 Intensidad IV ó menos
- ZONA 2 Intensidad V a VII
- ZONA 3 Intensidad VIII ó más



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

<small>PROYECTO:</small> CIUDADES SOSTENIBLES	<small>PLANO:</small>
<small>ESTUDIO:</small> MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA	03
<small>MAPA:</small> REGIONALIZACION SISMICA	<small>ESCALA:</small>

MOYOBAMBA



LEYENDA

-  ESTAC. PLUVIOLICA
-  ESTAC. CLIMATOLOGICA ORDINARIA
-  CIUDAD CAPITAL
-  CENTROS POBLADOS

0 10 20 30 Km.



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO: CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

MAPA: ISOYETAS

PLANO:

04

ESCALA:

MOYOBAMBA



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO: CIUDADES SOSTENIBLES

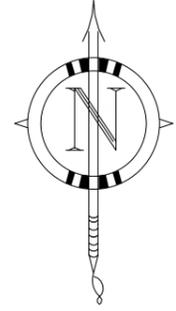
ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE TARAPOTO, MORALES Y LA BANDA DE SHILCAYO

MAPA: CUENCA DEL RIO MAYO

PLANO:

05

MOYOBAMBA



LEYENDA

-  LIMITE DEPARTAMENTAL
-  LIMITE PROVINCIAL
-  RIO MAYO
-  RIOS



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO: CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

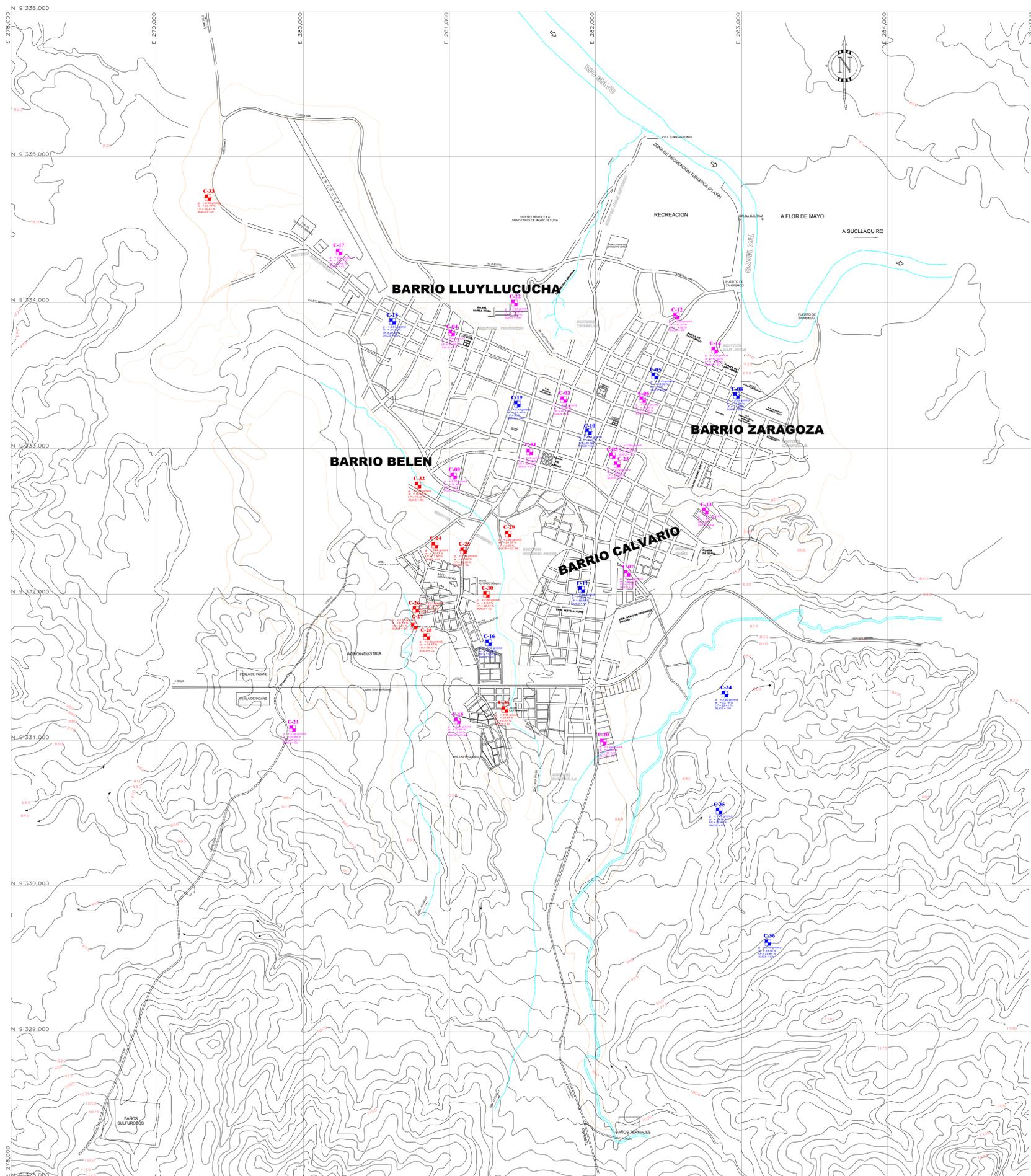
MAPA: CUENCA DEL RIO MAYO

PLANO:

05

ESCALA:

MOYOBAMBA



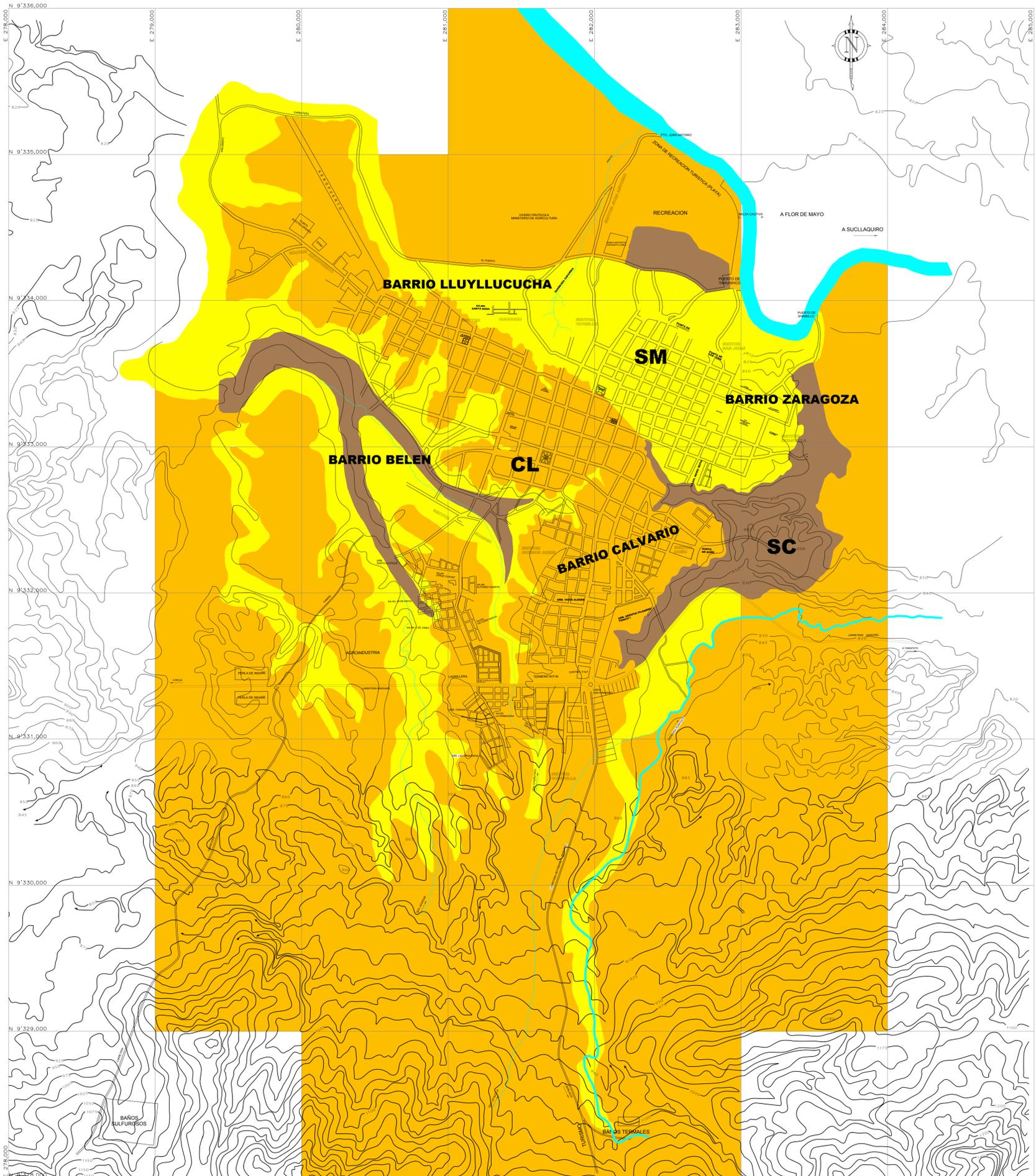
LEYENDA:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
C-29 g = 2.69 gr/cm3 w = 24.30 % I.P. = 4.22 % SUCS = CL-ML	CALICATA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE MOYOBAMBA g = PESO ESPECIFICO w = HUMEDAD NATURAL I.P. = INDICE DE PLASTICIDAD CLASIFICACION DEL SUELO
C-07 g = 2.74 gr/cm3 w = 22.39 % I.P. = 18.05 % SUCS = CL	CALICATA ESTUDIO DE TESIS (UNIV. PART. CESAR VALLEJO) g = PESO ESPECIFICO w = HUMEDAD NATURAL I.P. = INDICE DE PLASTICIDAD CLASIFICACION DEL SUELO
C-36 g = 2.74 gr/cm3 w = 22.39 % I.P. = 18.05 % SUCS = CL	CALICATA ESTUDIO PROYECTO CIUDADES SOSTENIBLES g = PESO ESPECIFICO w = HUMEDAD NATURAL I.P. = INDICE DE PLASTICIDAD CLASIFICACION DEL SUELO



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051	
PROYECTO:	CIUDADES SOSTENIBLES
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDADES DE MOYOBAMBA
MAPA:	UBICACION DE CALICATAS
PLANO:	06
ESCALA:	1 : 15 000

MOYOBAMBA



LEYENDA

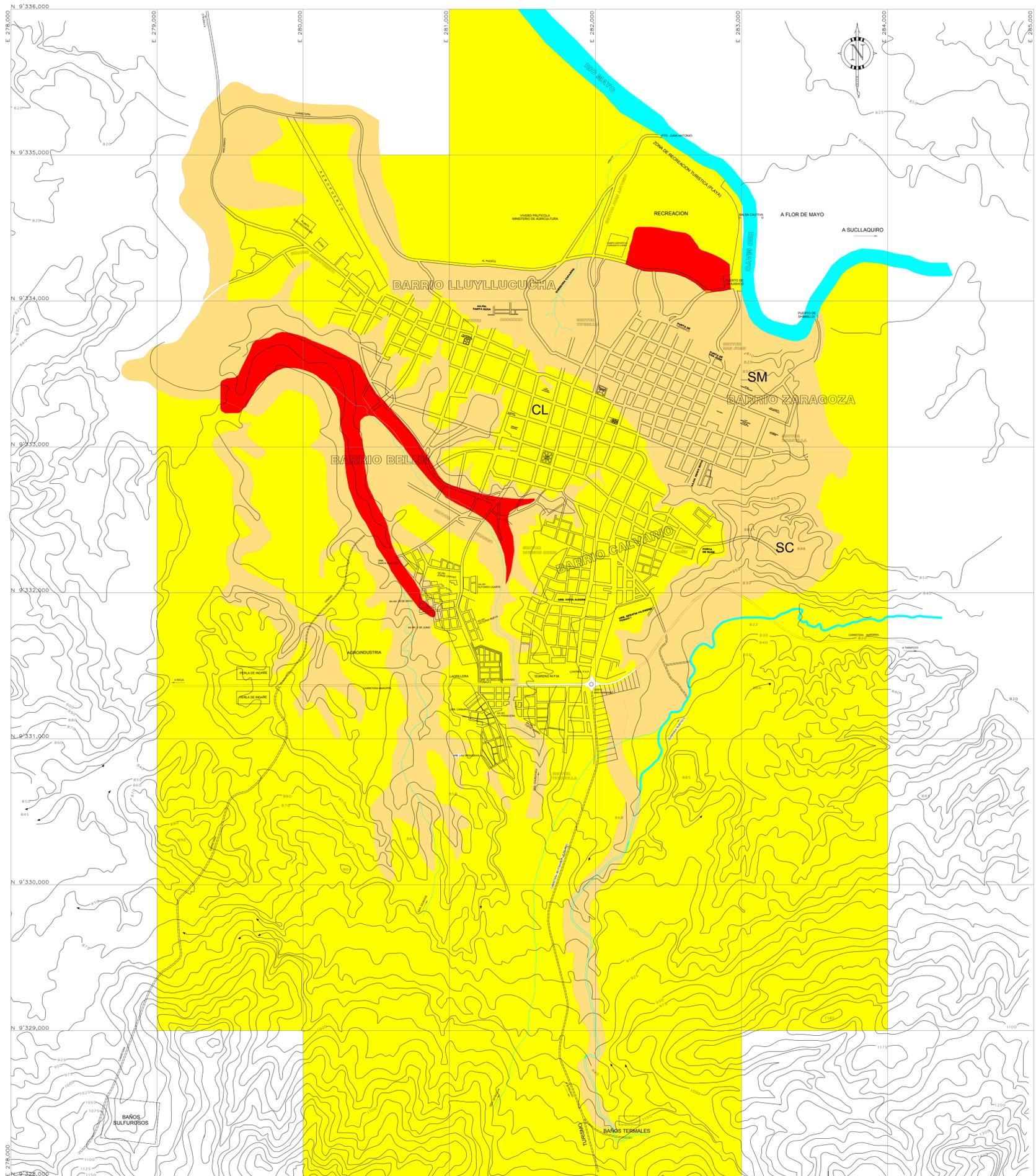
	CL: ARCILLAS DE BAJA PLASTICIDAD
	SC: ARENA ARCILLOSA
	SM: ARENA LIMOSA



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO:	CIUDADES SOSTENIBLES	PLANO:	07
ESTUDIO:	MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA	ESCALA:	
MAPA:	CLASIFICACION DE SUELOS		

MOYOBAMBA



LEYENDA

SIMBOLO	ZONIFICACION	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION	N.F.	CAPACIDAD PORTANTE
	Peligro Muy Alto	SM	Arena limosa Suelo granular	< 0.50 m.	< 0.50 Kg/cm ²
	Peligro Alto	SM - SC	Arena limosa - Arena Arcillosa	> 4.00 m.	0.50 a 1.00 Kg/cm ²
	Peligro Medio	CL	Arcilla inorganica de baja plasticidad	> 6.00 m.	1.00 a 1.50 Kg/cm ²



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO: CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

MAPA: PELIGROS GEOTECNICOS

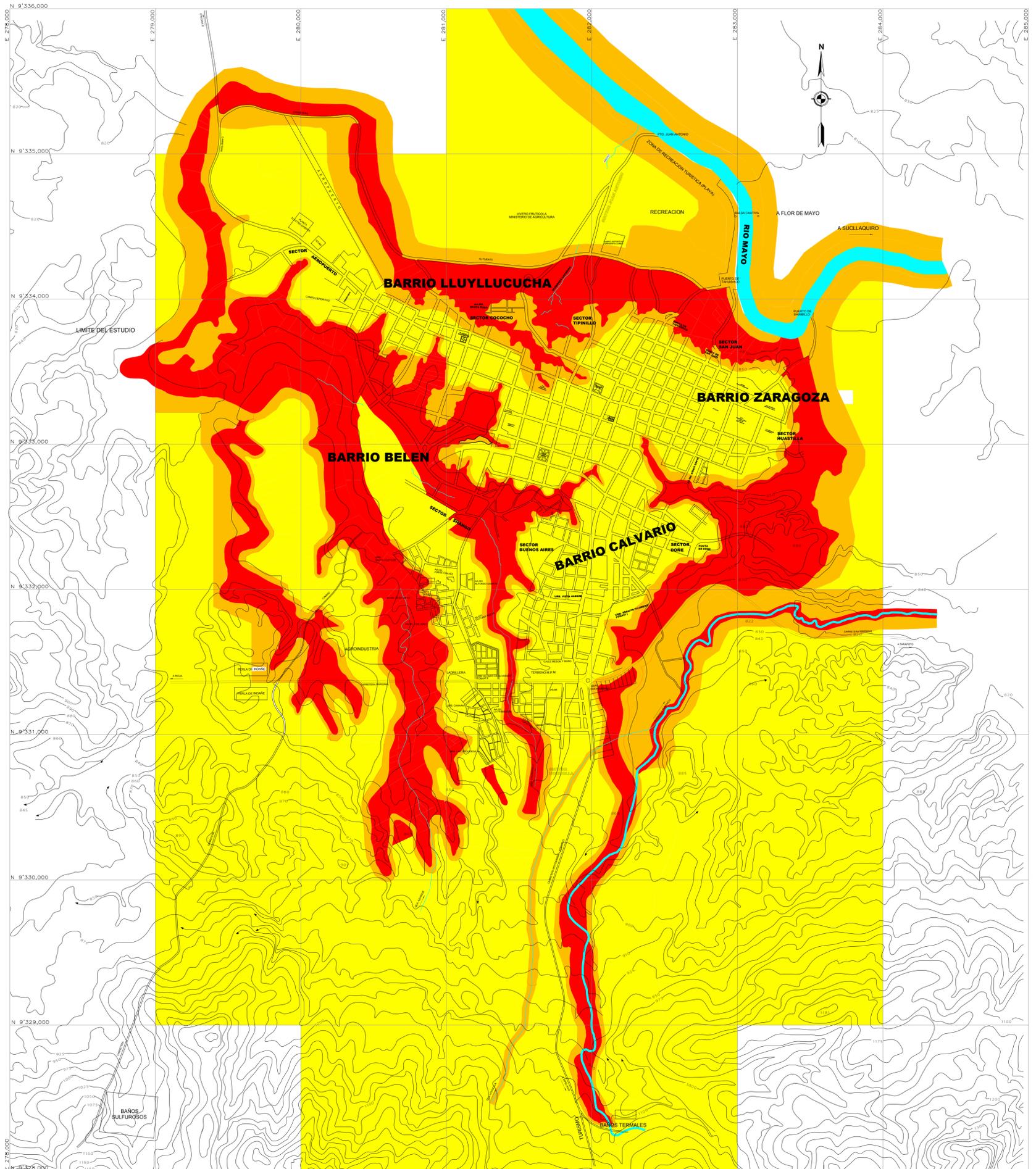
PLANO:

08

ESCALA:

1 : 15 000

MOYOBAMBA



LEYENDA

COLOR	DESCRIPCIÓN
	Zona de Peligro Muy Alto
	Zona de Peligro Alto
	Zona de Peligro Medio



INDECI - PNUD - PER / 02 / 051

PROYECTO: CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

MAPA: PELIGROS GEOLOGICOS CLIMATICOS

PLANO:

09

ESCALA:
1 : 15 000

ANEXO N° 1

ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA

CUENCA DEL RIO MAYO

“ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO MAYO”

- I. INTRODUCCION.
- II. ANTECEDENTES
- III. OBJETIVOS Y METAS.
- IV. INFORMACION BASICA UTILIZADA.
 - 4.1. Información Cartográfica.
 - 4.2. Información Hidrológica.
- V. PROCEDIMIENTO Y METODOS APLICADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.
- VI. HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA.
 - 6.1. Ubicación de la Cuenca.
 - 6.2. Limites de la Cuenca.
 - 6.3. Perímetro de la Cuenca.
 - 6.4. Area de la cuenca.
 - 6.5. Indice de Compacidad de la cuenca.
 - 6.6. Topografía de la cuenca.
 - 6.6.1. Curva hipsométrica.
 - 6.6.2. Polígono de frecuencia de altitudes.
 - 6.6.3. Pendiente de la Cuenca.
 - 6.7. Altitud media de la cuenca.
 - 6.8. Curso principal de agua de la cuenca.
 - 6.9. Tramos principales del curso de agua.
 - 6.10. Afluentes del curso principal.
 - 6.11. Pendiente del curso principal de agua.
 - 6.12. Densidad de drenaje.

6.13. Coeficiente de tuortosidad.

VII. RED HIDROMETEOROLOGICA EXISTENTE EN EL AREA DEL PROYECTO.

VIII. CLIMATOLOGIA.

8.1. Precipitación.

8.1.1. Variación de la precipitación con la altitud de la cuenca.

8.2. Precipitación Media Anual.

8.2.1 Métodos utilizados.

8.2.1.1.Método del polígono de Isoyetas.

8.2.1.2.Método de las curvas de Thiessen.

8.3. EVAPORACION PROMEDIO ANUAL (NOMOGRAMA DE PENMAN).

IX. CONCLUSIONES

X. RECOMENDACIONES.

XI. BIBLIOGRAFIA.

I. INTRODUCCION.

La cuenca del Río Mayo es una de las cuencas que está expuesta al alteraciones en su recorrido, debido a la sobre explotación de los recursos que inclusive llegan a la desertificación de área extensas.

El Río Mayo es un afluente más importante del Río Huallaga, tiene una longitud de más o menos 300 km. Se origina a en la parte septentrional de la región, en una zona limítrofe con los departamentos de Amazonas y Loreto, por el nudo que une la Cordillera Compañiquio con la Cordilleras Pucatanbo.

Tiene un rumbo general NO – SE cambiando de rumbo entre Moyobamba y Lamas a SO – EN.

Entre su recorrido va formando fértiles valles; el Alto Mayo y el Bajo Mayo existiendo entre ambas un fuerte cambio de pendiente con cauce encañonado entre Morona en la Provincia de Moyobamba y Pinto Recodo (Lamas).

Desemboca a 212 m.s.n.m en el Río Huallaga, a 3 km. Al Oeste de Shapaja, con caudales que varían entre menos de 100 m³/seg. Su fértil valle alberga poblaciones que tienen como núcleos principales las ciudades de Tarapoto, Moyobamba, Lamas, Rioja y Nuevo Cajamarca.

En la cuenca del Río Mayo, la temperatura media es de 22.6° C° temperatura máxima que llegan a 34 C°; mínima de 10.1C° y precipitación de casi 2000 mm anuales.

II. ANTECEDENTES.

De acuerdo a los últimos acontecimientos ocurridos en años pasados en la cuenca del Río Mayo; así como por ejemplo los sucesos ocurridos en San Miguel del Río (1990), el bajo Huallaga (1978), y Uchiza (1993), respectivamente, los cuales ya han impactado en su población y economía.

La degradación del medio ambiente no deja de afectar a esta cuenca principalmente por un crecimiento sin control de sus ciudades y el descontrol en la explotación de sus recursos naturales; y el potencial productivo de esta cuenca, hacen imprescindible considerar la amenaza de tales fenómenos, en tal sentido realizaron varios proyectos de protección de cuencas, como por ejemplo:

La protección de la cuenca del Río Gera (Central Hidroeléctrica del Gera) a cargo del proyecto especial Alto Mayo.

III. OBJETIVOS Y METAS.

El objetivo principal del presente trabajo es realizar los estudios hidrológicos de la cuenca del Río mayo.

Saber interpretar correctamente las curvas de nivel para poder delimitar nuestra cuenca y para poder saber de que sitio proceden las aguas superficiales (escorrentía) para formar los afluentes que ellos en conjunto forma las grandes cuencas de ríos.

Interpretar las diferentes estaciones de precipitación para poder saber dentro de cuantos años se volverá a repetir tal evento con las mismas características.

Una de las metas es concientizar a toda la población del lugar en proteger nuestros recursos naturales.

Plantear una nueva ley de agua justa para los campesinos para darle el buen aprovechamiento de nuestros recursos hídricos.

Contribuir a la formulación del plan regional de prevención a futuras para evitar el desabastecimiento del recurso hídrico (agua).

IV. **INFORMACION BÁSICA UTILIZADA.**

Para el desarrollo del presente trabajo “Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Mayo” se utilizó información Hidrológica.

4.1. **Información Cartográfica:**

Esta información fue adquirida del Ministerio de Agricultura. Se utilizó la carta Nacional correspondiente al departamento de San Martín.

4.2. **Información Hidrológica.**

Esta información fue adquirida de SENAMI – Tarapoto. Se obtuvo información meteorológica de precipitación de las estaciones de NARANJILLO, Rioja, Moyobamba, Lamas, El Porvenir, correspondiente a la cuenca del Río Mayo.

V. **PROCEDIMIENTO Y METODOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.**

5.1. Procedimiento y Métodos.

- 1) Delimitación de la cuenca del río Mayo teniendo como Información Cartográfica de la Carta nacional correspondiente al departamento de San

Martín a escala 1/100 000. Sobre la Carta Nacional se colocó un papel transparente para el dibujo de la cuenca ya delimitada anteriormente.

- 2) En vista que la cuenca en estudio no contaba con curvas de nivel a equidistancia requerida, se procedió a la interpolación de las curvas de nivel teniendo en cuenta las curvas muestras a una equidistancia de 200 m.
- 3) El perímetro se calculó utilizando un alambre de cobre y fino, este alambre se colocó en el perímetro de la cuenca siguiendo la forma de la misma y luego precediendo a medir en el escalímetro.
- 4) Se realizó el arreado de la cuenca utilizando figuras geométricas conocidas.
- 5) Cálculo de áreas sobre cotas para luego con cálculo matemático simple determinar el área entre cotas, área acumulada porcentaje entre cota entre el área total. Con estos datos se procede a graficar el polígono de frecuencia de altitudes y la curva hipsométrica, también se hizo el cálculo de los parámetros geomorfológicos de la cuenca teniendo en cuenta los métodos conocidos (esto se amplía en el capítulo VI, ítem 6.5, 6.6.3, 6.11, 6.12, 6.13).
- 6) Ubicación de las estaciones pluviométricas de la cuenca del Río Mayo (Naranjillo, Rioja, Moyobamba, lamas, El Porvenir) y cuencas vecinas (San Pablo).
- 7) Tabulación de los datos de precipitación correspondiente a los años 1994, 1995, 1996 de las estaciones mencionadas en el ítem anterior, obteniendo así la precipitación promedio anual en mm.

- 8) Teniendo los datos de precipitación promedio anual procedemos a unir las estaciones formando triángulos para luego proceder a la interpolación y obtener las curvas Isoyetas (utilizando el Método de las Curvas Isoyetas).
- 9) Ubicadas las estaciones pluviométricas se procede a unir las estaciones formando triángulos, trazamos las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos (utilizando el Método del Polígono de Thiessen).
- 10) Con los métodos de las curvas isoyetas, polígono de Thiessen y el método aritmético se calculan la precipitación medio anual de la cuenca.

VI. HIDROGRAFIA Y FISIOGRAFIA.

El territorio de la cuenca del Río mayo es de irregular fisiografía muestra un información compleja constituida por planicies, lomadas y con las laderas que se elevan gradualmente, formando cadenas de montañas que las separan de las cuenca vecinas.

6.1. Ubicación de la Cuenca.

Se encuentra en la parte septentrional de la Región San Martín es una zona limítrofe de los departamentos de Amazonas y Loreto. Esta a una altitud entre los 1500 – 350 m.s.n.m y una latitud sur de $05^{\circ} 47' 36''$ - $06^{\circ} 31'$ y una longitud oeste de $77^{\circ} 23' 06''$ - $76^{\circ} 23'$ sus fértiles valles alberga poblaciones que tiene como núcleos principales las ciudades de Tarapoto, Moyobamba, Lamas, Rioja y Nuevo Cajamarca.

6.2. Límites de la cuenca.

La Cuenca del río mayo tiene los siguientes límites:

- Por el Norte y Este limita con el departamento Loreto.
- Por el Oeste limita con el departamento de Amazonas.
- Por el Sur Oeste con la cuenca del río Sisa.
- Por el sur con la cuenca del Río Huallaga

6.3. Perímetro.

El perímetro de la cuenca del Río mayo es de 620 km.

6.4. Area de la cuenca.

El área de la cuenca del Río mayo es de 8, 150.00 km².

6.5. Índice de Compacidad de la Cuenca (kc).

Índice de Compacidad (kc).

El índice de compacidad nos determina la forma de la cuenca, tiene valores que van entre 1 y el valor de 2. Entonces podemos decir que cuando el índice de compacidad se aproxima a 1 la cuenca tendrá forma circular y cuando se aproxima a 2 la cuenca tendrá forma alargada.

Su cálculo se hace posible con la siguiente formula:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad \text{o} \quad kc = \frac{0.28 p}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P = perímetro de la cuenca en km.

A= Area de la cuenca en km².

El índice de compacidad de la cuenca del RIO MAYO ES:

$$Kc = \frac{620}{2\sqrt{\pi(8150)}} \Rightarrow kc = 1.9 \therefore kc = 2.$$

Conclusión:

Como el valor de Kc, teniendo mas o menos a aproximadamente al valor de 2, entonces la cueca del Río Mayo tiene forma alargada.

6.6. Topografía de la cuenca.

La topografía de la cuenca es ligeramente accidentada.

6.6.1. Curva Hipsométrica.

Es una curva que puesta en coordenadas representa la relación entre la altura y la superficie acumulada que queda sobre dicha altura.

Podemos decir que esta curva caracteriza el relieve de la cuenca.

6.6.2. Polígono de Frecuencia de Altitudes.

Es el gráfico que representa la distribución porcentual respecto a la altitud las áreas parciales de la cuenca comprendidas entre las curvas de nivel cuyo espaciamiento ha sido definido con anticipación.

**CURVAS CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DEL RIO
MAYO.**

Cota m.s.n.m	Area sobre La cota km2.	Area entre cotas (km2)	Area (km2) Acumulada	% Area entre cota/área total
0	8150			
600	7037.50	1112.50	1112.50	13.65
1200	5212.50	1925.00	3037.50	23.62
1800	3287.50	1825.00	4862.50	22.29
2400	1812.50	1475.00	6337.50	18.10
3000	962.50	850.00	7187.50	10.43
3600	625.00	337.50	7525.00	4.14
4200	000.00	625.00	8150.00	7.67
Total	-	-	-	100 %

6.6.3. Pendiente de la Cuenca:

La pendiente de la cuenca del Río mayo se calculo utilizando el Método de Alvord , teniendo las curvas de nivel a una equidistancia de 600 m. para el calculo se utilizó la siguiente formula.

$$Sc = \frac{D * L}{A}$$

Donde:

L = Σ de las longitudes de las curvas de nivel km.

A = área de la cuenca en km².

D = desnivel que existe entre la curva menor y la curva mayor.

Calculo de la pendiente de la cuenca del Río Mayo.

D = 600 m D = 0.6 km.

A = 8150 km².

L = 2155.60 km.

$$Sc = 0.6 \text{ km} * 2155 \text{ km} / 8150 \text{ km}^2.$$

$$Sc = 0.15869 \times 100$$

$$Sc = 15.8 \%$$

6.7. Altitud Media de la Cuenca.

La altitud media de la cuenca se encuentra a partir de la curva hipsométrica levantando una vertical del punto donde indica el 50% de las áreas e intersectando con la curva hipsométrica, buscamos en la coordenada de altitudes el valor que estamos buscando que es de:

Altitud media de la Cuenca = 1340.10 m. s. n. m.

6.8. Curso Principal de Agua de la Cuenca.

El curso principal de agua de la cuenca es el río Mayo con una longitud total de 300 km, con caudales que varían entre menos de 100 m³/seg; las épocas de estiaje más notable son los meses de Junio, julio y Agosto.

Tiene un rumbo general NO – SE salvo entre las provincias de Moyobamba y Lamas en el que rumbo es SO - En. Es un afluente del río Huallaga de la margen Izquierdo.

6.9. Tramos Principales del Curso de Agua.

El curso principal de agua en el presente trabajo tiene cinco tramos, las curvas de nivel que cortan el curso principal de agua son 3000, 2400, 1800, 1200, 600.

6.10. Afluentes del Curso Principal.

Desde su nacimiento hasta su desembocadura de NO – SE. Por la margen derecha y cuyas nacientes se ubican en la cordillera Pucatanbo (Colcha), encima de los 3000 m.s.n.m. están los ríos : Serrano (que desde sus nacientes hasta después del pueblo aguas verdes, tiene el nombre de este pueblo, desembocando en el Mayo con el nombre de Serranayacu).

Naranjos, Naranjillos, Soritor, Yuracyacu, Negro, Tonchima, Indoche y Gera, Cumbaza.

En la margen izquierda, tienen sus nacientes en la cordillera Cachuapanas, encima de los 2000 m. s. n. m. y estos ríos son:

Tioyacu, Avisado y Huascayacu (que se forma con las aguas de los ríos Huascayaquillo, Morroyacu y Yanayacu, y sus valles están ocupados por varias comunidades nativas). La Quebrada, La Mina, es el afluente más importante en el bajo Mayo cuyas nacientes están sobre los 1000 m. s . n .m en la cordillera Cerro escalera continuación de la Cachuapanas.

6.11. Pendiente del Curso Principal de agua

Para encontrar la pendiente del curso principal de agua utilizamos el método de Taylor – Shwartz que considera al río formando por una serie de tramos comprendidos entre las curvas de nivel definidas.

Por lo tanto para la aplicación de este método es necesario encontrar la pendiente de cada uno de estos tramos, luego se podrá aplicar la fórmula.

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{s_1}} + \frac{1}{\sqrt{s_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{s_n}}} \right]^2 \quad \text{Formula General.}$$

Donde:

n = # de tramos en que ha sido dividido el río.

S = pendiente del curso de agua principal.

S_1 = pendiente de cada tramos del curso de agua.

Cota (m.s.m.m)	Longitud (km)	Desnivel (km)	S	$1/\sqrt{S}$
600	78	0.2	0.0026	19,61
800	12	0.2	0.017	7.66
1000	53	0.2	0.00377	16.29
1200	4	0.2	0.05	4.47
1400	2	0.2	0.1	3.16
Total				551.19

$$S = \left[\frac{5}{51.16} \right]^2$$

$S = 9.5 \%$

6.12. Densidad de Drenaje.

Es la sumatoria de todas las longitudes tanto del curso principal de agua como los afluentes de la margen izquierda y la margen derecha; y todo esto dividido entre el área total de la cuenca, así:

$$Dd = \frac{L \text{ (km)}}{A \text{ (Km}^2\text{)}}$$

Donde:

Dd = Densidad de drenaje.

Lt = longitud de curso de agua principal mas los afluentes.

A = Area total de la cuenca.

Lt = 1071.8 km.

A = 8150 km²

$$Dd = \frac{1071.8 \text{ km}}{8150 \text{ km}^2}.$$

$$Dd = 0.1315 \text{ km/ km}^2.$$

Es una cuenca pobremente drenada.

6.13. Coeficiente de Tuortosidad:

Viene a ser la suma de la longitud del curso de agua principal pero curvilíneo y dividido entre la longitud del curso de agua principal pero rectilíneo.

$$\lambda = Lr /Lc$$

Donde:

1Lc= 300 km.

Lr = 199 km.

$$\lambda = 300 \text{ km} / 199 \text{ km}$$

$$\lambda = 1.5$$

Significa de que el curso de agua principal es modernamente sinuoso.

VII. RED HIDROMETEOROLOGICA EXISTENTE EN EL AREA DEL PROYECTO.

La red hidrometeorológica existente en el área de la cuenca del Río Mayo lo conforman las estaciones que nos brindan datos tales como: Precipitaciones Pluviales, temperatura, caudales máximos; dichas estaciones son:

Naranjillo, Rioja, Moyobamba, Lamas, el Porvenir

Los datos obtenidos de estas estaciones fueron proporcionadas por SENAMHI.

Para el desarrollo del estudio hidrológico de la cuenca del río Mayo se trabajó con Datos de precipitación de las siguientes estaciones: Rioja, Moyobamba, lamas, El Porvenir.

VIII. CLIMATOLOGIA:

En la cuenca se ubica una estación climatológica ordinaria ubicada en Lamas. Su denominación completa es clima ligero a moderadamente húmedo y semi cálido, con nula deficiencia de agua durante el año y con una concentración térmica normal de calor en el verano.

Este clima influye sobre todo el sector de laderas y colinas altas de la cuenca de los ríos Mayo, desarrollándose entre altitudes que oscilen entre 650 – 1000 m.s. n. m.

8.1 Precipitación.

Las mayores precipitaciones se presentan en las contrafuertes orientales en las cordilleras Azul, Escalera y Cahuapanas, donde son interceptadas las masas de aire frío y húmedo provenientes de la zona amazónica que avanzan en dirección Sur – Este, Nor – Este.

La Precipitación varía entre 1400 y 1800 mm. En el sector de Lamas, las precipitaciones son menores y más irregulares en su distribución mensual, notándose lluvias abundantes durante los meses de Agosto y Diciembre.

PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
CUADRO RESUMEN

ESTACION	5	6	7	8	9	13	14	16	4	2
MES	BELLAV	ROQUE	SISA	SAN PA	PICOTA	SORI	JEPELA	CUÑ	SACAN	JUANJUI
ENE	84.21	83.87	110.84	108.32	87.86	171.69	150.29	82.29	91.94	113.75
FEB	96.06	58.65	111.35	116.56	70.60	162.37	124.66	79.55	92.81	112.52
MAR	93.03	124.04	171.76	146.91	129.57	231.12	222.58	156.64	143.21	212.98
ABR	126.46	105.69	143.19	131.19	109.41	193.32	152.94	120.83	134.56	204.75
MAY	65.69	85.67	113.94	71.70	79.73	148.47	94.33	893.13	91.65	114.65
JUNI	58.56	63.55	83.56	85.88	67.18	105.01	97.28	76.35	58.41	95.00
JUL	31.48	65.34	71.51	87.95	40.31	88.61	72.49	55.14	54.75	58.20
AGO	69.34	57.74	74.99	80.41	57.91	107.88	85.89	71.86	59.2	80.74
SET	68.83	81.28	129.52	98.31	82.42	135.7	126.83	104.14	84.34	101.24
OCT	91.02	99.03	149.26	122.78	89.61	206.43	154.57	103.14	148.26	146.71
NOV	82.04	83.36	137.17	118.72	86.11	198.09	137.00	84.44	160.09	152.98
DIC	51.05	65.43	96.72	94.55	49.13	154.40	119.83	65.52	76.08	103.33
TOTAL	918.37	973.65	1393.81	1263.28	949.84	1903.09	1538.69	1083.06	1195.30	1496.67

PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE LAS ESTACIONES
PLUVIOMETRICAS PROCESADAS.

ESTACION	VALORES
SISA	1398.31
BELLAVISTA	918.37
JUANJUI	1496.87
PACHIZA	1688.34
SAUCE	1506.90
LAMAS	1491.90
2 DE MAYO	2194.73
JEPELACIO	1538.69
SAN PABLO	1263.28
PICOTA	949.09
PILLAUNA	927.31
SORITOR	1903.09
TABALOSOS	1184.61
SACANCHE	1195.30
ROQUE	973.65
TINGO DE PONAZA	1066.67
CUÑUMBUQUE	1083.06

8.1 . **Variación de la Precipitación con la Altitud de la Cuenca.**

La precipitación en la cuenca del Río Mayo varía con respecto a la altitud de la misma, esto por la topografía accidentada que presenta.

Para saber la variación de precipitación con respecto a la altitud de la cuenca, las estaciones de medición de la precipitación son colocadas en sitios estratégicos de la cuenca. Así tenemos las diferentes variaciones de precipitación en los últimos tres años.

La estación de Naranjillo que esta a una altura de 1090 m.s .n .m tuvo una precipitación de 1166.46 mm; la estación de Rioja a una altura de 810 m.s.n.m tuvo una precipitación de 1476.80 m.s.n.m; la estación de Moyobamba a una altura de 800 m.s.n.m tuvo una precipitación de 1425.83 mm. La estación de Lamas a una altura de 772 m.s.n.m tuvo una precipitación de 1106.03 mm ; la estación de el Porvenir a una altura de 356 m.s.n .m ; indico una precipitación de 1011.30 mm.

En conclusión la mayor precipitación obtenida en loa últimos tres años se presentó en la estación Rioja y la de menor precipitación en la estación de El Porvenir. Esto nos determina que la precipitación en la cuenca del Río Mayo varia con respecto a la altura, es decir que a mayor altura se presenta mayor precipitación.

8.2 **Precipitación Media Anual de la Cuenca del Río Mayo.**

A partir de las lluvias medidas en los pluviómetros es posible calcular la precipitación media anual de la cuenca.

8.2.1 **Métodos Utilizados.**

Para el calculo de la precipitación media anual caída sobre la cuenca del río Mayo se utilizó los siguientes métodos.

El método de la Curvas Isoyetas y el Método de Thiessen.

- **Método de la Curvas Isoyetas.**

El Método consiste en:

- 1) Trazar las isoyetas, interpolando entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel.
- 2) Hallar las arreas a1, a2,an, entre cada dos isoyetas seguidas.
- 3) Si po, p1, ... pn son las precipitaciones anuales representadas por las isoyetas respectivas, entonces:

$$P = \frac{\left(\frac{p_0 + p_1}{2} \right) a_1 + \dots + \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right) a_n}{a_1 + \dots + a_n}$$

Donde:

P = Precipitación media anual de la cuenca.

po, p1,, pn = Precipitaciones anuales representadas por la isoyetas respectivas.

a1, a2,an = áreas entre cada isoyetas.

Calculo de la precipitación media anual caída sobre la cuenca del río Mayo.

Datos :

Po = 1011.30 mm.

a0 = 162.5 km².

p1 = 1050 mm.

a1 = 525 km².

p2 = 1100 mm.	a2 = 475 km ² .
p3 = 1150.50 mm.	a3 = 312.5 km ² .
p4 = 1200 mm.	a4 = 890 km ² .
p5 = 1250 mm.	a5 = 900 km ² .
p6 = 1300 mm.	a6 = 875 km ² .
p7 = 1350 mm.	a7 = 675 km ² .
p8 = 1400 mm.	a8 = 687.5 km ² .
p9 = 1450 mm.	a9 = 317.5 km ² .

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{1011.3+1050}{2} \right) (162.5) + \left(\frac{1050+1100}{2} \right) (525) + \left(\frac{1150+1100}{2} \right) (475) + \left(\frac{1200+1150}{2} \right) (312.5) + \left(\frac{1250+1200}{2} \right) (890) \\
 P = & \text{-----} \\
 & \text{---} \\
 & 162.5 + 525 + 475 + 312.5 + 890 \\
 & \left(\frac{1250+1300}{2} \right) (900) + \left(\frac{1350+1300}{2} \right) (875) + \left(\frac{1400+1350}{2} \right) (675) + \left(\frac{1400+1450}{2} \right) (687.5) + (1450)(317.5) \\
 + & \text{-----} \\
 & \text{--} \\
 & 900 + 875 + 675 + 687.5 + 317.5 \\
 P = & 1271.26 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

∴ La precipitación media anual caída sobre la cuenca del río Mayo calculado por el método de las curvas isoyetas de 1271.26 mm.

- **Método del Polígono de Thiessen.**

Este método consiste:

- 1) Unir las estaciones formando triángulos.
- 2) Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos, cada polígono es el área de influencia de una estación.
- 3) Hallar las áreas a_1, a_2, \dots, a_n , de los polígonos.
- 4) Si p_1, p_2, \dots, p_n son las correspondientes precipitaciones anuales, entonces.

$$P = \frac{p_1 a_1 + p_2 a_2 + \dots + p_n a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

donde :

P = Precipitación media anual de la cuenca.

p_1, p_2, p_n = precipitaciones anuales caídas sobre la cuenca.

a_1, a_2, a_n = áreas de los polígonos.

Calculo de la precipitación media anual caída sobre la cuenca del Río mayo.

DATOS :

$p_1 = 1382 \text{ mm.}$	$a_1 = 2890.00 \text{ km}^2.$
$p_2 = 1555.9 \text{ mm.}$	$a_2 = 1062.50 \text{ km}^2.$
$p_3 = 1425.83 \text{ mm.}$	$a_3 = 2312.50 \text{ km}^2.$
$p_4 = 1066 \text{ mm}$	$a_4 = 612.50 \text{ km}^2.$
$p_5 = 1365.6 \text{ mm}$	$a_5 = 1162.50 \text{ km}^2.$
$p_6 = 1389.53 \text{ mm.}$	$a_6 = 110.00 \text{ km}^2.$

$$P = \frac{(1382)(2890)+(1555.9)(1062.5)+(1425.83)(2312.5)+(1066.)(612.50)+(1365.6.03)(1162.5)+(1389.53)(110)}{2890 + 1062.5 + 2312.5 + 612.5 + 1162.5 + 110}$$

$$P = 1314.14 \text{ mm.}$$

∴ La precipitación media anual caída sobre la cuenca del río mayo calculado por método del polígono de Thiessen es de 1314.14 mm.

RESUMEN EVAPORACION MOYOBAMBA 20002

AÑO	MES	EVAPORACION	EVAPORACION mm
2002	E	3.89	120.59
	F	4.26	119.28
	M	4	124.00
	A	3.92	117.60
	M	3.4	105.4
	J	2.96	88.8
	J	3.1	96.1
	A	3.31	102.61
	S	3.76	112.81
	O	4.05	125.55
	N	4.3	129.00
	D	3.85	119.35
			1361.08 mm.

PROMEDIO DE EVAPORACIÓN ESTACION MOYOBAMBA

$$E0 = 1361.08 = 1361.08 \text{ mm.}$$

8.3 NOMOGRAMA DE PENMAN

VALOR DE ANGOT, Es la cantidad de radiación solar, en calorías por día en un plano horizontal de 1 cm^2 , entrante en los límites exteriores de la atmósfera. Es una función de la posición geográfica y época del año.

Lat. Sur	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°	885	915	925	900	850	820	830	870	905	910	890	8875
10°	965	960	915	840	755	710	730	795	875	935	955	960
20°	1020	975	885	765	650	590	615	705	820	930	1000	1025
30°	1050	965	830	665	525	460	480	595	750	900	1020	1065
40°	1055	925	840	545	390	315	345	465	650	840	995	1080
50°	1035	865	640	415	250	180	205	325	525	760	975	1075

IX. CONCLUSIONES.

- La longitud del perímetro de la cuenca es de 620 Km., el área de la cuenca es de 8150 km².
- El perímetro del curso del río es de 300 Km. lineales,
- Nuestra cuenca es de forma alargada por arrojar el valor mayor que 1 igual a 1.9
- Su topografía del terreno es ligeramente accidentada.
- Su altitud media es de 1340.10 m.s.n.m.
- Tiene una pendiente bastante pronunciada de 15.8 %.
- La pendiente del curso principal es pronunciada.
- La cuenca es pobremente drenada.
- El curso del río es moderadamente sinuoso.

X. RECOMENDACIONES.

- Tener en cuenta la información obtenida para el desarrollo de actividades relacionadas con obras de Ing.
- Se recomienda la importancia de las observaciones y facilitar los datos para el uso en los proyectos a ejecutar.
- Realizar labores de superación y asesoramiento técnico para lo mejor recopilación de los datos de estas estaciones meteorológicas.

- Dar más realce a estos tipos de estudios porque esta va ha permitir las investigaciones sobre la realidad de las cuencas y de las cuencas que originan la variación de las precipitaciones y cambios climáticos.

XI. BIBLIOGRAFIA

- TESIS: SAN MARTÍN - DESASTRES NATURALES Y LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO. Isaac Arce. Tarapoto – Perú.
- HIDROLOGIA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL. Wendor Chereque Morán. Lima – Perú 1989.
- APUNTES DE CLASE (HIDROLOGÍA). Ing°. José del C. Pizarro Baldera. Tarapoto - Perú

ANEXO N°2
GEOTECNIA

CALICATA#	Profundidad	Estrato N°	%H	L.L	L.P	I.P	AASHTO	SUCS
-----------	-------------	------------	----	-----	-----	-----	--------	------

**ESTUDIO DE MAPAS DE PELIGRO DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA
RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO**

CALICATA#	Profundidad	Estrato N°	%H	L.L	L.P	I.P	AASHTO	SUCS
C-1	2.00	E-1	19.13	34.04	15.59	18.45	A-6(6)	CL
C-2	0.50	E-1	23.87	25.35	15.16	10.19	A-6(3)	CL
	0.60	E-2	19.69	22.25	12.26	9.99	A-4(3)	CL
	0.75	E-3	23.39	31.33	19.83	11.50	A-6(7)	CL
	1.50	E-4	27.20	52.04	31.51	20.53	A-7-5(25)	OH
	2.00	E-5	31.49	62.26	33.90	28.36	A-7-5(20)	OH
C-3	2.50	E-1	27.63	51.83	21.58	30.25	A-7-5(11)	SC
C-4	0.50	E-1	21.14	39.74	15.66	24.08	A-6(13)	CL
	1.00	E-2	54.13	46.06	14.02	32.04	A-7-6(17)	CL
	2.50	E-3	21.27	54.88	9.19	45.69	A-7-6(20)	CH
C-5	2.50	E-1	18.00	21.33	N.P	N.P	A-2-4(0)	SM
C-6	1.05	E-1	18.91	27.06	12.16	14.90	A-2-6(0)	SC
	2.50	E-2	18.13	24.46	18.68	5.78	A-2-4(0)	SC
C-7	0.70	E-1	22.39	34.99	16.94	18.05	A-6(10)	CL
	2.50	E-2	28.84	33.70	16.09	17.61	A-6(12)	CL
C-8	1.00	E-1	19.38	11.34	9.36	1.98	A-4(10)	SM
	2.50	E-2	21.72	21.06	4.57	16.49	A-6(13)	SC
C-9	0.80	E-1	16.36	22.70	N.P	N.P	A-2-4(0)	SM
	2.50	E-2	15.35	20.33	N.P	N.P	A-2-4(0)	SM
C-10	0.45	E-1	17.95	42.35	15.43	26.92	A-7-6(0)	SC
	1.20	E-2	17.59	38.58	14.97	23.61	A-7-6(13)	CL
	2.50	E-3	17.11	41.26	16.93	24.33	A-7-6(14)	CL
C-11	0.60	E-1	18.78	22.56	11.84	10.69	A-4(3)	CL
	0.80	E-2	19.02	21.75	13.73	8.02	A-4(2)	CL
	2.50	E-3	25.32	41.84	15.98	27.86	A-7-6(14)	CL
C-12	0.50	E-1	17.07	14.65	9.67	4.98	A-2-4(0)	SC
	2.00	E-2	9.24	19.78	16.03	3.75	A-2-4(0)	SM
C-13	0.25	E-1	20.92	20.97	7.98	12.99	A-2-6(0)	SC
	2.00	E-2	8.31	18.38	N.P	N.P	A-2-4(0)	SM

C-14	2.00	E-1	18.58	17.17	8.51	8.66	A-4(0)	SC
	2.50	E-2	10.44	18.14	N.P	N.P	A-2-4(0)	SM
C-15	0.70	E-1	23.84	19.15	13.63	5.52	A-4(0)	CL-ML
	1.20	E-2	18.96	24.34	12.72	11.63	A-6(0)	SC
	2.50	E-3	47.37	67.3	N.P	N.P	A-5(9)	OH
C-16	0.90	E-1	23.46	27.72	14.05	13.67	A-4(5)	CL
	2.50	E-2	23.49	25.53	10.46	15.07	A-6(8)	CL
C-17	2.00	E-1	19.13	34.04	15.59	18.45	A-6(6)	CL
C-18	0.50	E-1	21.10	41.30	12.84	28.46	A-7-6(14)	CL
	2.00	E-2	16.89	38.3	15.55	22.58	A-6(8)	CL
C-19	0.90	E-1	21.10	27.72	N.P	N.P	A-4(0)	SM
	2.00	E-2	17.56	38.74	18.23	20.51	A-6(6)	SC
C-20	2.00	E-1	23.09	34.8	17.67	17.13	A-6(8)	CL
C-21	2.50	E-1	24.99	26.84	11.04	25.80	A-6(10)	CL
C-22	0.40	E-1	18.58	17.38	13.52	3.86	A-4(0)	SM
	2.50	E-2	9.85	20.33	N.P	N.P	A-2-4(0)	SM
C-23	2.50	E-1	35.23	32.61	12.53	20.08	A-6(17)	CL
C-24	1.20	E-1	23.53	27.97	11.57	11.57	A-6(7)	CL
	2.50	E-2	29.25	27.3	16.26	11.04	A-6(7)	CL
C-25	2.50	E-1	22.89	22.5	12.20	10.30	A-4(6)	CL
C-26	2.50	E-1	27.41	29.8	14.63	15.17	A-6(13)	CL
C-27	2.50	E-1	8.75	18.95	9.74	11.21	A-2-4(0)	SC
C-28	2.50	E-1	34.72	39.55	15.28	24.27	A-6(20)	CL
C-29	2.00	E-1	24.30	21.18	16.96	4.22	A-4(0)	CL-ML
	2.20	E-2	16.61	32.8	21.36	11.44	A-2-6(0)	SC
C-30	1.90	E-1	24.81	31.96	18.02	13.94	A-6	CL
	2.50	E-2	9.53	34.8	12.43	22.37	A-2-6(0)	CL
C-31	2.50	E-1	29.49	22.65	13.14	9.51	A-4(3)	CL
C-32	2.50	E-1	10.63	24.73	14.33	10.40	A-2-4(0)	SC
C-33	2.50	E-1	23.76	55.3	25.89	29.41	A-7-6(20)	CH
C-34	1.10	E-1		12.60	NT	NP	A-4(3)	ML
C-35	2.00	E-2	19.37	28.20	17.00	11.20	A-6(5)	CL
C-36	2.00	E-2	19.37	33.10	21.51	11.59	A-6(7)	CL

ANEXO N°2
GEOTECNIA

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR FALLA DE CORTE

CALICATA 24:

$$\phi \quad : 18^\circ$$

$$F_s \quad : 3$$

$$\gamma \quad : 1.71 \text{ g/cm}^3 = 0.0017 \text{ Kg./cm}^3$$

$$B \quad : 1.5 \text{ m.}$$

$$D_f \quad : 1.5 \text{ m.}$$

$$C \quad : 0.25 \text{ Kg./cm}^2$$

$$N_c' \quad : 9.00$$

$$N_q' \quad : 1.25$$

$$N_\gamma' \quad : 0.8$$

Utilizando la expresión propuesta:

$$q_u = 2/3 C N_c' + \gamma D_f N_q' + 1/2 \gamma B N_\gamma'$$

$$q_u = 1.505 \text{ Kg./cm}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

$$q_{ad} = 0.50 \text{ Kg./cm}^2$$

CALICATA 28:

$$\phi : 19^\circ$$

$$F_s : 3$$

$$\gamma : 1.72 \text{ g/cm}^3 = 0.00172 \text{ Kg./cm}^3$$

$$B : 1.5 \text{ m.}$$

$$D_f : 1.5 \text{ m.}$$

$$C : 0.30 \text{ Kg./cm}^2$$

$$N_c' : 9.5$$

$$N_q' : 2.6$$

$$N_\gamma' : 0.9$$

Utilizando la expresión propuesta:

$$q_u = 2/3 C N_c' + \gamma D_f N_q' + 1/2 \gamma B N_\gamma'$$

$$q_u = 1.91 \text{ Kg./cm}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

$$q_{ad} = 0.64 \text{ Kg./cm}^2$$

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

CALICATA 24

$$\Delta H = \frac{0.23}{1+0.55} \text{ Lg} \left(\frac{0.4 + 0.50}{0.4} \right) \cdot 300$$

$$\Delta H = 15.68$$

$$\Delta H = \frac{15.68}{5} \quad \text{Considerando que el suelo es Preconsolidado } C_t=1/5 C_c$$

$$\Delta H = 3.14 \text{ cm.}$$

$$Q_{ad} = 0.32 \text{ Kg./cm}^2$$

CALICATA 28

$$\Delta H = \frac{0.083}{1+0.72} \text{ Lg} \left(\frac{0.20 + 0.64}{0.2} \right) \cdot 300$$

$$\Delta H = 9.02 \text{ CM}$$

$$\Delta H = \frac{9.02}{5} \quad \text{Considerando que el suelo es Preconsolidado } C_t=1/5 C_c$$

$$\Delta H = 1.80 \text{ cm.}$$

$$Q_{ad} = 0.71 \text{ Kg./cm}^2$$