



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



**MAPA DE PELIGROS Y  
MEDIDAS DE MITIGACIÓN  
ANTE DESASTRES**  
Ciudad de Lucre-Huacarpay

**INFORME FINAL**

**Mayo 2011  
CUSCO**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – INDECI**

General de División E.P. (R)  
**LUIS F. PALOMINO RODRIGUEZ**  
**JEFE DEL INDECI**

Coronel EP (R)  
**CIRO MOSQUEIRA LOVÓN**  
**SUB JEFE DEL INDECI**  
**DIRECTOR NACIONAL PROYECTO PER /02/051**

Ing. **RANDOLFO ANCI CASTAÑEDA**  
**DIRECTOR REGIONAL INDECI SUR ORIENTE**

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

Arq. **JENNY PARRA SMALL**  
**Coordinadora**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

Ing. **ALFREDO PÉREZ GALLENO**  
**Asesor**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

Ing. **CARMEN VENTURA BARRERA**  
**Especialista en Gestión del Riesgo de Desastres**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

**MARIA ELENA GALVEZ CHANCAN**  
**Asistente Administrativa**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

**REGIÓN CUSCO  
PROVINCIA DE QUISPICANCHI**

**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LUCRE**

**Sr. GUIDO LOAYZA BACA**

**Alcalde Distrital de Lucre**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
INDECI**

**PROGRAMA CIUDADES SOSTENIBLES**

**EQUIPO TÉCNICO CONSULTOR**

Ing. Geolg. RUPERTO BENAVENTE VELÁSQUEZ  
**Coordinador Responsable del Estudio  
Especialista en Geología**

Ing. Geolg. JUAN AROSQUIPA MONZÓN  
**Especialista en Geotecnia y Mecánica de Suelos**

Ing. Civ. HERACLIO BOZA MURILLO  
**Especialista en Hidrología**

Arq. YURI VILLAFUERTE GUTIERREZ  
**Especialista en Sistemas de Información Geográfica**

**COLABORADORES:**

Bach. Ing. Geol. RUDY VIGO GUZMÁN  
Especialista en Geología/Geotecnia

Ing. Civ. PERCY ROSALES HUAMÁN  
Especialista en Hidrología/Hidráulica

Blga. VERÓNICA QQUELLÓN AUCCA  
Especialista en Peligros Tecnológicos / Medio Ambiente

# CONTENIDO

## RESUMEN EJECUTIVO

## INTRODUCCION

### **CAPITULO I: GENERALIDADES DEL ESTUDIO**

---

- 1.1. Antecedentes Del Estudio
- 1.2. Objetivos Del Estudio
- 1.3. Descripción Del Estudio

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

---

- 2.1. Generalidades
- 2.2. Cartografía Base
- 2.3. Fase De Recopilación De Información Existente
- 2.4. Fase De Investigación De Campo
- 2.5. Fase De Ensayo de Laboratorio
- 2.6. Fase De Gabinete

### **CAPITULO III: ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD**

---

- 3.1. Ubicación Del Área De Estudio
  - 3.1.1 Localización
  - 3.1.2 División Físico Política
  
- 3.2 Aspectos Físico Geográficos
  - 3.2.1 Fisiografía y Relieve
  - 3.2.2 Hidrografía
  - 3.2.3 Topografía y tipo de suelo
  - 3.2.4 Clima

### **CAPITULO IV: ESTUDIOS BÁSICOS**

---

- 4.1. Geología Del Área De Estudio
  - Generalidades
  - Objetivos particulares
  - 4.1.1 Geomorfología
    - Geomorfología Regional
    - Geomorfología Local
  - 4.1.2 Geología
  - 4.1.3 Geodinámica
    - Geodinámica Interna
    - Geodinámica Externa
- 4.2 Peligros Geológicos
  - 4.2.1 Evaluación de Peligros de Geodinámica Interna
  - 4.2.2 Evaluación de Peligros de Geodinámica Externa

#### 4.2.3 Mapa de Peligros Geológicos

- Peligro Geológico Muy Alto
- Peligro Geológico Alto
- Peligro Geológico Medio
- Peligro Geológico Bajo

#### 4.3. Hidrología del Área de Estudio

- 4.3.1 Ubicación e importancia del área de estudio
- 4.3.2 Microcuenca del río Lucre
- 4.3.3 Caracterización hidrológica
- 4.3.4 Análisis hidrológico
- 4.3.5 Método de Estimación de avenidas
- 4.3.6 Modelamiento hidráulico de la quebrada con HECRAS
- 4.3.7 Peligros Hidrológicos
- 4.3.9 Mapa de Peligros Hidrológicos (a nivel local y de microcuencas)
  - Peligro Hidrológico Muy Alto
  - Peligro Hidrológico Alto
  - Peligro Hidrológico Medio

#### 4.4. Geotecnia del Área De Estudio

- 4.4.1. Trabajos realizados
  - 4.4.1.1 Investigaciones de campo
    - Excavaciones manuales
    - Muestreo, transporte y tipo de muestra
    - Trabajos y Ensayos Geotécnicos de Campo
  - 4.4.1.2 Ensayos de Laboratorio
    - Plan de ensayos
  - 4.4.1.3 Trabajos de Gabinete
    - Nivel de Agua Subterránea
    - Agresividad del Suelo
- 4.4.2. Análisis Geotécnico
  - 4.4.3.1 Clasificación de Suelos SUCS
  - 4.4.3.2 Zonificación Geotécnica (Capacidad Portante de Suelos)
- 4.4.3 Mapa de Peligros Geotécnicos
  - Peligro Geotécnico Muy Alto
  - Peligro Geotécnico Alto
  - Peligro Geotécnico Medio

#### 4.5. Mapa de Peligros de origen Natural

- 4.5.1. Niveles de Peligros Naturales
- 4.5.2. Mapa de Peligros Naturales

#### 4.6. Peligros Tecnológicos

- 4.6.1. Clasificación de Peligros de origen Tecnológicos
- 4.6.2. Estadísticas de Emergencias CGBVP y SINPAD
- 4.6.3. Peligros Tecnológicos
  - 4.6.3.1 Contaminación Ambiental
    - A. Contaminación del Agua
    - B. Contaminación del Aire
    - C. Contaminación del Suelo

- 4.6.3.2 Epidemias, epizootias, plagas
- 4.6.3.3 Sustancias Químicas
  - A. Sustancias Químicas Peligrosas (Tóxicas)
  - B. Inflamabilidad y Explosiones
- 4.6.4 Mapa de Peligros de origen Tecnológico
  - Peligros Tecnológicos Muy Alto
  - Peligros Tecnológicos Alto
  - Peligros Tecnológicos Medio
  - Peligros Tecnológicos Bajo

## **CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS**

---

- 5.1. Identificación de áreas seguras para el crecimiento de la Ciudad
  - 5.1.1. Localización
  - 5.1.2. Condiciones naturales del sitio
- 5.2. Pautas Técnicas
  - 5.2.1. Para Edificaciones y habilitaciones urbanas existentes
  - 5.2.2. Para Nuevas Edificaciones y habilitaciones urbanas
  - 5.2.3. Para Expansión Urbana
  - 5.2.4. Para Sistemas de Drenaje Puvial, Defensa ante Huaycos e Inundaciones
- 5.3. Fichas de Proyectos de Mitigación
  - 5.3.1. Ante Peligros de origen Natural
  - 5.3.2. Ante Peligros Tecnológicos

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

- 6.1 Conclusiones
- 6.2 Recomendaciones

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **ANEXOS:**

#### Anexo 1

Fichas de Proyectos

#### Anexo 2

Mapas

#### Anexo 3

Cálculo y Modelamiento Hidrológico

#### Anexo 4

Ensayos de Laboratorio

#### Anexo 5

Levantamiento Topográfico

### **RELACIÓN DE ADJUNTOS:**

#### **DIAGRAMAS**

Diagrama N° 1: Pasos para la Ejecución del PCS

#### **GRÁFICO**

Gráfico N° 01: Curva Hipsométrica de la quebrada Lucre

#### **FIGURAS**

Figura N° 1:	Modelo de la cuenca
Figura N° 2	Método SCS
Figura N° 3	Modelo Meteorológico
Figura N° 4	Histograma para la Qda. Lucre
Figura N° 5	Sección transversal
Figura N° 6	Valor de n para cada zona

## INDICE CUADROS

Cuadro N° 1:	Datos Básicos de Lucre-Huacarpay
Cuadro N° 2:	Región Cusco y Provincias
Cuadro N° 3:	Provincia Quispicanchi y Distritos
Cuadro N° 4:	Centros Poblados – Distrito de Lucre
Cuadro N° 5:	Registro Sísmico Local y Regional
Cuadro N° 6:	Intensidad Sísmica – Escala Mercalli
Cuadro N° 7:	Resumen de las Características Morfológicas de Lucre
Cuadro N° 8:	Valores Críticos D Prueba Kolgomorov Smirnov
Cuadro N° 9:	Distribución Log Normal – Estación Kayra
Cuadro N° 10:	Precipitación máxima en 24 horas regionalizada
Cuadro N° 11:	Lluvias Máximas – Estación de Kayra
Cuadro N° 12:	Tiempo de concentración
Cuadro N° 13:	Número de la Curva de Escurrimiento para Condiciones variadas de Humedad Promedio
Cuadro N° 14:	Número de Curva N
Cuadro N° 15:	Coefficiente de Rugosidad para el cauce principal
Cuadro N° 16:	Coefficiente de Rugosidad para zonas de inundación
Cuadro N° 17:	Calicatas
Cuadro N° 18:	Densidad de campo
Cuadro N° 19:	Valores de correlación entre PDL y SPT
Cuadro N° 20:	Valores del ángulo de fricción obtenida en campo
Cuadro N° 21:	Densidades
Cuadro N° 22:	Resumen de Resultados
Cuadro N° 23:	Cálculo de Capacidad Portante
Cuadro N° 24:	Estadísticas de Emergencias
Cuadro N° 25:	Grifos – Ciudad de Huacarpay
Cuadro N° 26:	Proyectos recomendados ante Peligros Naturales
Cuadro N° 27:	Proyectos recomendados ante Peligros Tecnológicos

## INDICE DE MAPAS

MAPA N° 1:	Ubicación de la ciudad
MAPA N° 2:	Satelital
MAPA N° 3:	Geológico Local
MAPA N° 4:	Geomorfológico Local
MAPA N° 5:	Geodinámico Local
MAPA N° 6:	Peligros Geológicos Local
MAPA N° 7:	Áreas de Inundación
MAPA N° 8:	Peligros Hidrológicos
MAPA N° 9:	Ubicación de Calicatas
MAPA N° 10:	Clasificación de Suelos SUCS
MAPA N° 11:	Zonificación Geotécnica
MAPA N° 12:	Peligros Geotécnicos
MAPA N° 13:	Peligros Naturales
MAPA N° 14:	Actividad Antrópica
MAPA N° 15:	Peligros Tecnológicos

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El Estudio “Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Lucre-Huacarpay”, es un proyecto que el Programa Ciudades Sostenibles del INDECI desarrolla con el apoyo del PNUD y en convenio con la Municipalidad Distrital de Lucre, en el marco de la Política 32<sup>o</sup> del Acuerdo Nacional sobre Gestión del Riesgo de Desastres y de la filosofía y metodología de “Ciudades Sostenibles”, que postula la búsqueda de una mejor calidad de vida para los habitantes de las áreas urbanas, con criterios de seguridad física, orden, salud, eficiencia, sin agresión al medio ambiente, para conseguir finalmente una ciudad gobernable y competitiva, eficiente en su desarrollo.

La primera etapa de este proyecto del Programa Ciudades Sostenibles, es la elaboración del Estudio “Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Lucre-Huacarpay”, orientado a identificar, evaluar y calificar los peligros naturales y tecnológicos que se localizan en el ámbito territorial de una ciudad y que en forma directa e indirecta tienen incidencia en la seguridad física de la población.

Para la ciudad de Lucre-Huacarpay, el Estudio ha comprendido el desarrollo de las siguientes disciplinas técnicas:

- Conocimiento de las condiciones naturales de la microcuenca del río Lucre y Huatanay, con la identificación de los peligros naturales, como suelos de mala calidad geotécnica, cárcavas, inundaciones y cualquier remoción de masas de material, que por su evolución podría llegar a afectar a la ciudad.
- Conocimiento de las condiciones naturales del ámbito territorial del área urbana y su entorno inmediato, con la identificación de los peligros naturales a que está sometida.
- Conocimiento de las condiciones naturales del suelo del área urbana como elemento de fundación para las edificaciones existentes, deduciendo su respuesta frente a un fenómeno natural externo, como un sismo.
- Conocimiento de los peligros tecnológicos (antrópicos) generados en la ciudad como consecuencia de su crecimiento, que en determinadas circunstancias pueden generar un desastre, con afectación de la vida de personas y de sus instalaciones.
- Desarrollo de conclusiones y recomendaciones, con propuestas de solución, para eliminar/atenuar los impactos negativos de estos peligros naturales y tecnológicos.

El estudio de la microcuenca Lucre muestra que sus condiciones naturales son típicas, como lo es para todas las cuencas de la zona andina de nuestro territorio, donde, tanto por los tipos de rocas emplazadas y por sus cambios bruscos altitudinales, se dan desestabilizaciones del terreno, desarrollo de cárcavas, cauces erosivos y todo tipo de remoción que incluyen potenciales aluviones e inundaciones.

Estos fenómenos se localizan, básicamente, en el segmento medio y bajo de la microcuenca laderas de pendiente media y alta, con consecuencias en el sector bajo donde se ubican las lagunas y ciudad de Lucre-Huacarpay caracterizado por un relieve

colinoso, llanuras lacustres, con lagunas, terrazas, río y sus quebradas tributarias que presentan pendientes altas y medias.

La evaluación hecha a las desestabilizaciones del terreno, nos muestran que los impactos negativos son básicamente de carácter local, con afectación, mayormente, de la infraestructura de servicios, como son los equipamientos básicos de la ciudad, vías vecinales y, en algunos casos las actividades recreativas, comerciales y rurales de Lucre-Huacarpay ( agrícola, turístico, ganadera, ferial, etc.) .

Consecuentemente, estos peligros naturales de la microcuenca Lucre, río Huatanay y lagunas de Lucre-Huacarpay tienen impacto negativo directo sobre la seguridad física de la ciudad, en la medida que las avenidas y materiales de arrastre al llegar a los cauces de las quebradas y del río Huatanay y Lucre, los colmatan en forma progresiva, generando las condiciones para que en estaciones de fuertes lluvias se produzcan arrastres importantes de agua, susceptibles de desbordar el curso inferior del río con afectación directa a la ciudad.

Se precisa que la microcuenca del río Lucre llega a la ciudad del mismo nombre por el lado suroeste del casco urbano con dirección al noreste, consecuentemente los desbordes, inundaciones, cauces erosivo, que se produjeran afectarán exclusivamente las lagunas de la depresión de Huacarpay y población urbana o rural asentada en las franjas marginales del curso de agua, por otro lado quebradas menores, cauces erosivos y desarrollo de cárcavas que llegan al área urbana también producirían afectación importante . Razón por la que se les califica como de **“Peligro Muy Alto”**

En el ámbito de las laderas medias y altas que rodean la ciudad de Lucre podrían producirse desestabilizaciones de taludes y erosión regresiva por suelos de baja consolidación, calificadas como de **“Peligro Alto”** **“Peligro Muy Alto”** por existir procesos de remoción de masas y problemas geotécnicos.

Frente a un sismo importante (**terremoto**), se aligerarían los desprendimientos en los taludes escarpados de las laderas medias y altas, con afectaciones mayores a viviendas rurales y personas que pudieran habitar esas áreas, razón por la que por este fenómeno tendría un calificativo de **“Peligro Muy Alto”**.

En relación con el comportamiento del suelo como elemento de fundación en el área urbana y periurbana de la ciudad de Lucre-Huacarpay, se tiene el siguiente calificativo:

Los suelos de origen lacustre arcilloso inorgánico de baja plasticidad y capacidad portante menor a 0.88 kg/cm<sup>2</sup> que abarcan toda la depresión de Huacarpay y laderas bajas de Lucre incluye los humedales y áreas agrícolas y poblado Huacarpay al noreste del casco urbano actual de Lucre **“Peligro Muy Alto”**

Suelos de grava arcillosa de los pies de laderas del entorno de Lucre y Huacarpay y cono deyección de la quebradas Sinhuaran capacidad portante baja 1. 271 kg/cm<sup>2</sup> de heterometría graduada pero limitada a las edificaciones por cauces erosivos del río e inestabilidad de taludes y cárcavas **“Peligro Alto”** .

Los suelos de grava mal graduada y grava arcillosa desarrollados en las terrazas aluviales sobre las que se rodea el área urbana de Lucre con capacidad portante 1.3 kg/cm<sup>2</sup>. **“Peligro Medio”**

Suelos de sustrato rocoso en colinas altas de la ciudad de Lucre. Capacidad portante mayor a 2 kg/cm<sup>2</sup>. calificado con **“Peligro Bajo”** pero restringidas a la edificación por su intangibilidad.

En relación con los **Peligros Tecnológicos** en la ciudad de Lucre-Huacarpay, éstos están relacionados con contaminación del agua del río Lucre y Huatanay y lagunas por residuos sólidos domésticos y efluentes; por otro lado las fuentes de incendios y explosiones están relacionadas con la ruta de transporte y comercio de sustancias químicas peligrosas de la vía Cusco –Urcos-Puerto Maldonado que atraviesa el poblado de Huacarpay; la línea de gaseoducto Kuntur que cruzará paralela por Huacarpay paralelo a la vía asfaltada Cusco-Urcos. Asimismo residuos sólidos, y las áreas agrícolas con prácticas de beneficio de ganado, pastoreo excesivo y quema de vegetación, son focos de epidemias o vectores de enfermedades o contaminación.

El análisis de los peligros tecnológicos identificados ha permitido elaborar el “Mapa de Peligros Tecnológicos” para la ciudad de Lucre-Huacarpay, teniéndose las siguientes calificaciones:

### **Peligros Tecnológico Muy Alto**

- Botadero Municipal de Piquiñuhu.
- Ruta de transporte vía Interoceánica Cusco-Sicuani-Puerto Maldonado. que cruza la ciudad de Huacarpay trasladando sustancias químicas peligrosas que pueden producir derrames, explosiones por accidente.
- Río Huatanay en las inmediaciones de la ciudad contaminado por efluentes líquidos y el río Lucre que recibe las aguas negras de la ciudad.
- La vía férrea y líneas de alta tensión que atraviesa el este de la ciudad de Huacarpay.
- Antenas móviles ubicadas en las laderas norte y sur colindantes con Lucre y Huacarpay.
- Cementerio municipal antiguo que genera residuos y lixiviados.
- Grifos y locales de venta de gas.
- Acumulación de residuos sólidos en el dique colindante con las lagunas de Huacarpay.
- Lagunas Moina y Lucre que reciben los efluentes líquidos y sólidos del entorno.
- Gasoducto Kuntur que transportaría gas natural vehicular cuyo ducto correría paralelo a la vía Cusco-Urcos.

### **Peligros Tecnológico Alto**

- Antigua fábrica de tejidos Lucre que deja
- Plaza principal donde se ubican lugares de expendio de sustancias químicas y ferías informales.
- Área de influencia del Botadero Municipal.
- Acumulación de residuos sólidos y hospitalarios dentro de la ciudad.
- Área urbana del centro poblado por la ubicación del mercado, camal, y contaminación electromagnética.
- Área urbana del centro poblado por la ubicación del centro de salud y el tratamiento de sus residuos sólidos y líquidos de manera común con los de la población en general.

### **Peligros Tecnológico Medio**

- Áreas agrícolas situadas en las proximidades del centro poblado.

- Circuito automovilístico que rodea las lagunas de Lucre-Huacarpay, ruta de accidentes e incendio de vehículos.
- Áreas de humedales próximos a las lagunas Lucre-Huacarpay por quema de vegetación, arrojado de desperdicios, excretas de ganado, etc.

La realización del estudio para la elaboración del “Mapa de Peligros de la Ciudad de Lucre-Huacarpay”, ha permitido arribar a las siguientes conclusiones:

Los suelos de la ciudad de Lucre-Huacarpay están constituidos por gravas mal graduadas y gravas arcillosas en las llanuras de inundación del río Huatanay, grava arcillosa en el cono deyectivo del río Lucre que incluye el área urbana, arcillas inorgánicas de baja plasticidad con capacidad portante muy baja en Huacarpay y lagunas, humedales y áreas agrícolas bajas de Lucre. Se presentan problemas de inestabilidad por erosión regresiva (laderas medias y bajas). Existen colinas altas rocosas en las cabeceras de la cuenda de Lucre. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de menos 0.88 a 1.3 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa corresponden a laderas inestables por erosión regresiva ( cárcavas ), suelos de muy baja capacidad portante en Huacarpay y Lucre de arcilla inorgánica con suelos pantanosos y suelos no consolidados en las laderas bajas de grava mal gradada y grava arcillosa, áreas inundables de la ciudad de Lucre y Huacarpay afectadas por el curso del río Lucre y Huatanay respectivamente, desborde de lagunas durante lluvias extraordinarias.

En relación con los peligros tecnológicos, las actividades antrópicas relevantes son el manejo inadecuado de sustancias peligrosas en comercios a lo largo de la vía Cusco-Urcos-Puerto que cruza la ciudad de Huacarpay, contaminación de los suelos debido a la disposición de residuos sólidos en sectores urbano marginales; ruta de carrera automovilística que ocasionan accidentes y perturban el hábitat de humedales de Huacarpay. La contaminación del agua del río Lucre y Huatanay por efluentes domésticos incluyendo los producidos por el beneficio de ganado en el área rural. Línea de alta tensión como fuente de contaminación electromagnética y gaseoducto Kuntur que correrá paralelo a la carretera Cusco-Urcos vía Huacarpay.

Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación, asesoría y capacitación en sistemas constructivos en zonas geotécnicas de baja capacidad portante menores a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.

Las recomendaciones derivadas del estudio realizado, están referidas a:

- Asesoría técnica en reforzamiento de edificaciones y capacitación en sistemas constructivos por ser los suelos de Lucre-Huacarpay de baja capacidad portante.
- Restringir las edificaciones en altura mayores a dos pisos y en laderas inestables por ser suelos de grava arcillosa deleznable.
- Tratamiento de cárcavas en laderas para viviendas afectadas.
- Reubicación de poblado Huacarpay por estar en zona inundable y en suelos de muy baja capacidad portante en la zona provisional de reubicación.
- Se recomienda para la expansión urbana de Lucre-Huacarpay ocupar las áreas con mayor capacidad portante suelos, consolidar las edificaciones ya

existentes en la ciudad de Lucre en las áreas de menor peligro siendo estas las zonas de la margen derecha del río Lucre en las terrazas medias altas.

- Incremento de altura de muros de encauzamiento del río Lucre que cruza el poblado.
- Programa de vigilancia y limpieza periódica de cauce del río Lucre y Huatanay
- Tratamiento de la microcuenca a través de la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y alta de la microcuenca para disminuir la escorrentía superficial.
- Canalización del río Lucre en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo por la pendiente del cauce.
- Tratamiento de cárcavas en laderas del noroeste de la ciudad de Lucre.

## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los antecedentes mas resaltantes y más recientes de la ciudad Lucre – Huacarpay es la ocurrida el día domingo 24 de enero del 2010, prácticamente la ciudad fue borrada del mapa, los pobladores de la zona tuvieron que ir a vivir a los cerros colindantes, en carpas algunas precarias elaboradas con plásticos que no los protegen del frio, la humedad y las lluvias seguían presentándose por al menos 10 días mas. Escombros, y la totalidad de la ciudad de Huacarpay inundada, ubicada con más de 70 casas destruidas, las aguas de la Laguna del mismo nombre inundo la zona.

Las empozadas aguas remojaron la pared de las precarias viviendas de adobe que colapsaron irremediablemente dejando a la intemperie a cientos de sus pobladores que lo perdieron todo.

El día lunes 25 de febrero del 2010, la vía en la ruta Cusco –Quillabamba así como Cusco-Abancay y el transporte del sur peruano a la capital imperial fueron bloqueadas por la abrupta salida de agua de los cauces y torrenteras, más la inundación que sufrieron los habitantes del sector de Huacarpay en la ruta de Sicuani a Cusco, donde el río Huatanay, colector de las aguas servidas del Cusco, inusitadamente y después de varios años la laguna de Huacarpay recupero su espacio, sobrepasar la pista hasta unirse con el pestilente Huatanay. Si el calentamiento global está resecaando las aguas del planeta, los pobladores de Huacarpay nunca imaginaron que la laguna a la que invadieron iba recuperar su legítima propiedad.

Ante la necesidad de conocer los peligros naturales y tecnológicos de la ciudad de Lucre – Huacarpay y los poblados de las cuencas de los ríos Lucre y Huatanay, para proponer obras de protección que garanticen el bienestar de la población y la estabilidad, seguridad y funcionamiento de su infraestructura, el Instituto Nacional de Defensa Civil –INDECI- con la cooperación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD-, dentro del marco Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 00014426 – Ciudades Sostenibles – Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación de las Ciudades de Anta, Zurite, Lucre, Urcos, Limatambo y Taray propone la ejecución de este estudio, documento que ayudara a tener mayor conocimiento sobre los procesos geodinámicos que generan desastres naturales y desarrollar conjuntamente que la Municipalidad y otras entidades que trabajan en el área de estudio un Plan Integral de tratamiento de la cuenca para evitar que se vuelvan a producir fenómenos naturales similares.

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES.**

#### **1.1 ANTECEDENTES.**

Los estudios antecedentes para determinar la peligrosidad de eventos naturales y tecnológicos para la ciudad de Lucre y Huacarpay son escasos.

Se utilizó los mapas bases de la carta geográfica nacional del Instituto Geográfico Nacional IGN, registros hidrometeorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI y las cartas geológicas Nacionales del Instituto Nacional de Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET.

Por las razones antes expuestas; es necesario contar con un documento que permita tener una zonificación de peligros de variado origen: geológico hidrológico y geotécnico, para el área urbana, expansión urbanística de la ciudad de Lucre-Huacarpay dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER 02/05100014246 – CIUDADES SOSTENIBLES se desarrolla el presente estudio denominado: **MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE LUCRE-HUACARPAY.**

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

Los objetivos principales del estudio son los siguientes:

Conocer las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la cuenca del río Lucre así como de la ciudad de Lucre-Huacarpay.

Conocer los parámetros y características geotécnicas de los suelos de la ciudad de Lucre-Huacarpay.

Conocer los datos y realizar los cálculos hidrológicos que determinan los caudales máximos de los ríos que ponen en peligro a la ciudad de Lucre-Huacarpay.

Efectuar un documento técnico que tenga como resultado final el mapa de peligros de la ciudad de Lucre-Huacarpay, de la cuenca del río Lucre, asociado a la ocurrencia de eventos naturales, fundamentalmente de origen geológico, hidrológico y geotécnico, así como también evaluar los peligros de origen antrópico.

Realizar las recomendaciones para elaborar proyectos de mitigación ante los peligros naturales y tecnológicos de la ciudad de Lucre-Huacarpay.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

El Mapa de Peligros y medidas de mitigación para la ciudad de Lucre-Huacarpay, consiste en determinar la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos naturales y/o tecnológicos potencialmente dañinos dentro de su espacio geográfico y que pueden afectar a la vida y la salud humana, a las edificaciones y a las funciones vitales de la ciudad.

El ámbito territorial del estudio comprende el área urbana de la ciudad de Lucre-Huacarpay, así como sus probables áreas de expansión urbana y los poblados que se asientan en el área cercana a estas ciudades

La información bibliográfica y cartográfica digital e impresa empleada para el estudio, proviene de las instituciones oficiales públicas como el IGN, SENAMHI e INGEMMET.

Las fases de desarrollo del estudio comprendieron:

Una fase de rápido reconocimiento de campo y la exposición del programa del estudio a realizar ante las autoridades y ciudadanía, en la ciudad de Lucre-Huacarpay. Fases de Gabinete, para la revisión de información existente, cartografiado y digitalización correspondientes; Fases de campo, en el ámbito de la cuenca del río Lucre y la ciudad de Lucre-Huacarpay, para identificar, evaluar y calificar los peligros naturales y tecnológicos, así como la investigación de suelos en la ciudad, con toma de muestras, que luego fueron llevadas al laboratorio, para sus ensayos físico químicos correspondientes.

La metodología consistió en la recopilación de información referente a la ocurrencia de peligros naturales y tecnológicos de la ciudad de Lucre-Huacarpay, luego se realizó una primera visita de campo a la zona para realizar una reunión con las autoridades de la Municipalidad Distrital de Lucre, seguidamente se realizaron diversas salidas al campo para realizar los trabajos de mapeo geológico, geotécnico, hidrológicos, así como evaluar los fenómenos que ocasionan los peligros naturales y tecnológicos que ponen en riesgo a la población de Lucre-Huacarpay, la información obtenida en el campo fue procesada para preparar los mapas temáticos: geológico, geomorfológico, suelos, geotécnico, hidrológico y finalmente el de peligros naturales y tecnológicos. La etapa de gabinete, en la que se formó un banco de datos bibliográficos y de materiales cartográficos, se realizó la interpretación y se señalaron las posibles zonas afectadas por los fenómenos naturales y tecnológicos para luego desarrollar los proyectos de Mitigación.

El resultado final de Mapa de Peligros Naturales y Tecnológicos Medidas de Mitigación de la ciudad de Lucre-Huacarpay es un “Mapa Síntesis de Peligros” que de acuerdo a los esquemas metodológicos de los estudios del PCS-1E califica y zonifica aquellos sectores de la ciudad que son afectados por los cuatro niveles de peligros (Muy Alto, Alto, Medio y Bajo).

**Diagrama Nº 1**  
**PASOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PCS-1E**



## CAPITULO II

### FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

#### 2.1. GENERALIDADES

El estudio denominado “**MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE LUCRE-HUACARPAY**”, se ha desarrollado en cuatro grandes etapas, que se indican a continuación:

- **Recopilación de información existente:** Consistió en la recopilación de la mayor cantidad posible de información contenida en estudios, antecedentes y/o similares, relacionada básicamente a geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos y otros para un punto de investigación específico dentro del área de interés y sus alrededores más cercanos.
- **Investigaciones de campo:** Son aquellos trabajos que se desarrollaron en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa “in situ” referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos, que permitieron desarrollar los estudios básicos correspondientes.
- **Ensayos de laboratorio:** Son aquellos trabajos que se han llevado a cabo en el laboratorio de Mecánica de Suelos y que tiene como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos encontrados en el área de interés.
- **Trabajos de gabinete:** Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases de campo y laboratorio permitieron determinar los estudios básicos correspondientes y finalmente la preparación de los mapas de peligros.

#### 2.2. FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Para el desarrollo de cada uno de los estudios básicos: Geología, geotecnia e hidrología se ha procedido a la recopilación de información existente de interés.

Para el estudio geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de la Carta Geológica Cusco – Livitaca I ( INGEMMET )

Para el desarrollo del estudio hidrológico se ha recopilado la información siguiente:

- Registros meteorológicos de SENAMHI referentes a precipitaciones.

Información cartográfica que comprende:

- La Carta Nacional desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional.
- Planos de Escala 1:10,000 y 1:25,000 del Ministerio de Agricultura.
- Catastro de la ciudad de Lucre-Huacarpay - COFOPRI

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

En los estudios, geológico, geotecnia, e hidrología, se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

En el estudio geológico se han desarrollado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la litología, estructuras, geomorfología y fenómenos de origen geológico-climático de mayor incidencia en la zona urbana y la cuenca del río Lucre.
- En geotecnia se realizaron las técnicas de investigación de 04 calicatas o pozos a cielo abierto, según indica la norma técnica ASTM D420

Para cada una de las “calicatas” abiertas en el área de interés, se han realizado ensayos de campo que a continuación se detallan:

- Descripción y clasificación visual del perfil estratigráfico de los suelos en campo según Norma ASTM D 2487:
- Muestreo de suelos en “calicatas” abiertas según Norma ASTM D 420:
- Densidad natural “in situ” según norma ASTM D1556:

En el estudio hidrológico se han desarrollado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la cuenca hidrográfica en estudio.
- Reconocimiento del cauce principal y de sus afluentes más importantes.
- Reconocimiento de lagunas existentes.
- Determinación de secciones transversales y marcas correspondientes a niveles de agua alcanzados por los ríos.
- Caracterización de la cobertura vegetal existente.

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

Esta etapa se desarrolla para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o puntos de muestreo de la fase de investigaciones de campo; y está destinada a conocer las propiedades índices y geomecánicas de las muestras alteradas tipo Mab, mediante la ejecución de ensayos de laboratorio normalizados que se indican a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422
- Límite líquido ASTM D 423
- Límite plástico ASTM D 424
- Contenido de Humedad ASTM D 2216
- Clasificación de suelos (SUCS) ASTM D 2487

Los ensayos estándar de laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en las “calicatas” abiertas, por la empresa LAMESC, bajo la supervisión del Ing. Juan Arosquipa Monzón, miembro del equipo técnico y especialista en Geotecnia.

## **2.5. FASE DE GABINETE**

Esta etapa se desarrolla después de haber culminado la etapa de recopilación de información, Investigaciones de campo y de ensayos de laboratorio. La etapa de gabinete analiza minuciosamente los resultados de las etapas anteriores, con la finalidad de garantizar la bondad y calidad de la información obtenida de manera que permita definir resultados detallados referentes al área de estudio, tales como: geología superficial, geodinámica, geomorfología, clasificación de suelos, capacidad portante, geotécnico, e hidrológico; con el cual se procederá a determinar los fenómenos de origen geológico, geotécnico e hidrológico de mayor importancia en el área de estudio para luego definir el mapa de peligros de la ciudad de Lucre-Huacarpay.

En los estudios geotécnicos en esta etapa se ha realizado el análisis e interpretación de los resultados de campo y laboratorio donde determinó el perfil estratigráfico definitivo del subsuelo y se realizó el análisis geotécnico de cimentaciones de edificaciones, las cuales están basadas en el cálculo de la capacidad portante o presión admisible del suelo de apoyo, la presencia del nivel freático y el análisis de licuación de suelos.

## CAPITULO III

### ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD

#### 3.1 Ubicación del Área de Estudio

##### 3.1.1 Localización

La ciudad de Lucre-Huacarpay se encuentran ubicadas a 35 Km. al sureste de Cusco, en la provincia de Quispicanchi en las riberas del río Huatanay y Lucre y las Lagunas de Lucre-Huacarpay; Lucre en las coordenadas 13°38' de latitud sur y 71° 44' longitud oeste y Huacarpay en las coordenadas 13°36' de latitud sur y 71° 43' longitud oeste , tiene una extensión territorial de 118.78 Km<sup>2</sup> a nivel distrital, limitando por el norte con los distritos Oropesa (Provincia de Quispicanchi) y San Salvador ( Provincia de Calca), por el este con Caicay (Provincia de Paucartambo) y Andahuaylillas ( Provincia de Quispicanchi), por el Sur con el distrito de Rondocan (Provincia de Rondocan), por el oeste con los distritos de Paccaritambo y Yaurisque (Provincia de Paruro). Lucre-Huacarpay se encuentra a 3,111 m.s.n.m. y fue fundada el 17 de Enero de 1941. **Mapa N° 01 y 02**



Fuente: INEI, 2007

**Cuadro N° 1**  
**DATOS BÁSICOS DE LUCRE**

DISTRITO	FECHA CREACIÓN	ALTITUD	ÁREA	DENS. POB. 2007	POBLACIÓN 2007
Lucre	17 ENERO 1,941	3,111 msnm	118.78 km <sup>2</sup>	32.4 Hab/km <sup>2</sup>	3,850 Hab.

Fuente: Dirección de Cartografía del Instituto Nacional de estadística e Informática INEI.

### 3.1.2 División Físico Política

#### A nivel Regional

De acuerdo a su división físico política la ciudad de Lucre-Huacarpay se encuentra en la Región Cusco la cual se encuentra ubicada en la zona sur oriental del territorio peruano entre las coordenadas geográficas de Latitud 11°13'19" Sur y 72°59'52" 73°57'45" de longitud oeste, abarcando la zona interandina con altitud promedio de 3,400 m.s.n.m. La región está conformada por las provincias del departamento de Cusco: Acomayo, Anta, Calca, Canas, Canchis, Chumbivilcas, Cusco, Espinar, La Convención, Paruro, Paucartambo, Quispicanchi, Urubamba, conformadas por 108 distritos, uno de los cuales es Lucre. La sede de la región ha sido establecida por la Ley de Bases de Descentralización en la ciudad de Cusco, capital provincial de Cusco, por constituirse en la capital de la provincia con mayor población.

**Cuadro Nº 2  
REGIÓN CUSCO Y PROVINCIAS**

ÁMBITO	REGIÓN NATURAL	NRO. DISTRITOS	CAPITAL DE LA PROVINCIA	ALTITUD CAPITAL DE LA PROVINCIA
PAÍS		1833		
REGIÓN CUSCO		108		
ACOMAYO	Sierra	7	Acomayo	3221
ANTA	Sierra	9	Anta	3345
CALCA	Sierra	8	Calca	2925
CANAS	Sierra	8	Yanaoca	3910
CANCHIS	Sierra	8	Sicuni	3546
CHUMBIVILCAS	Sierra	8	Santo Tomás	3678
CUSCO	Sierra	8	Cusco	3414
ESPINAR	Sierra	8	Yauri	3924
LA CONVENCION	Sierra-Selva	10	Quillabamba	1063
PARURO	Sierra	9	Paruro	3068
PAUCARTAMBO	Sierra-Selva	6	Paucartambo	3005
QUISPICANCHI	Sierra	12	Urcos	3158
URUBAMBA	Sierra	7	Urubamba	2869

Fuente: Gobierno Regional de Cusco

**A nivel Provincial**

Lucre – Huacarpay pertenece a la provincia de Quispicanchi, como podemos ver en el cuadro N° 3.

**Cuadro N° 3  
PROVINCIA DE QUISPICANCHI Y DISTRITOS**

IDENTIFICACIÓN RELACIONAL ( IR )	DEPARTAMENTO PROVINCIA DISTRITO	CAPITAL
08	CUSCO	
0812	QUISPICANCHI	URCOS
081201	URCOS	URCOS
081202	ANDAHUAYLILLAS	ANDAHUAYLILLAS
081203	CAMANTI	QUINCE MIL
081204	CCARHUAYO	CCARHUAYO
081205	CCATCA	CCATCA
081206	CUSIPATA	CUSIPATA
081207	HUARO	HUARO
081208	LUCRE	LUCRE
081209	MARCAPATA	MARCAPATA
081210	OCONGATE	OCONGATE
081211	OROPESA	OROPESA
081212	QUIQUIJANA	QUIQUIJANA

(\*) Límites representados sobre las cartas nacionales escala 1:100000.  
Fuente. Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial DNTDT.  
Presidencia del Consejo de Ministros.

**Cuadro N° 4  
CENTROS POBLADOS  
DISTRITO DE LUCRE**

UBIGEO	CENTRO POBLADO	CATEGORIA	POBLACION	VIVIENDA	LATITUD	LONGITUD
0812080001	LUCRE	URBANO	2023	632	-13.64	-71.74
0812080016	LA PERLA	RURAL	27	16	-13.64	-71.73
0812080007	CHOQUEPUQUIO	RURAL	25	10	-13.61	-71.74
0812080008	TONGOBA	RURAL	17	10	-13.61	-71.74
0812080004	HUALLARPAMPA	RURAL	296	77	-13.60	-71.73
0812080003	HUAMBUTIO	URBANO	302	128	-13.58	-71.72
0812080009	HUACARPAY	URBANO	763	196	-13.61	-71.73
0812080017	PERCCARAN	RURAL	8	3	-13.65	-71.79
0812080022	CURTAY	RURAL	20	5	-13.70	-71.76
0812080011	URPICANCHA	RURAL	3	2	-13.62	-71.72
0812080014	QUISUARCANCHA	RURAL	0	1	-13.63	-71.78
0812080002	HUIPERAY	RURAL	14	5	-13.56	-71.72
0812080006	MEDIA LUNA	RURAL	7	4	-13.60	-71.73
0812080013	SANTO PUQUIO	RURAL	2	6	-13.63	-71.74
0812080018	CCOLLCAQUI	RURAL	55	16	-13.65	-71.80
0812080020	PACRAMAYO	RURAL	60	15	-13.68	-71.77

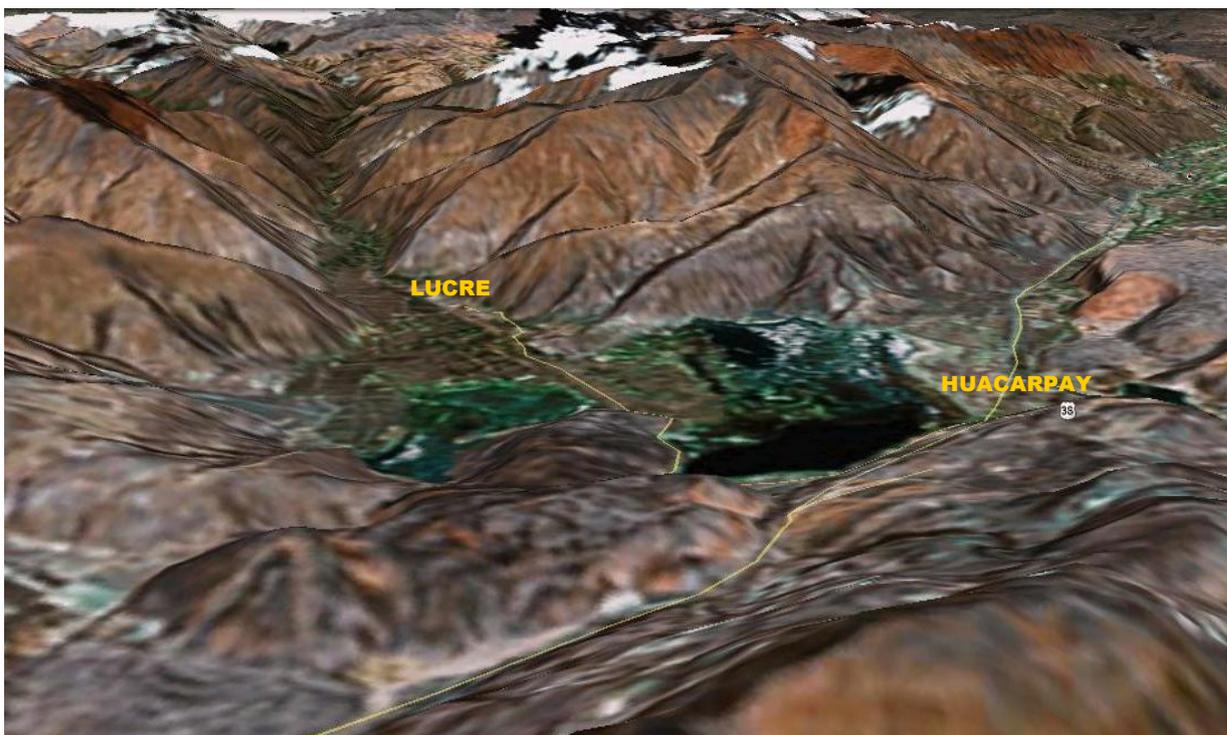
UBIGEO	CENTRO POBLADO	CATEGORIA	POBLACION	VIVIENDA	LATITUD	LONGITUD
0812080005	TEMPORALPAMPA	RURAL	6	1	-13.60	-71.73
0812080010	HUIDAYPOCCOY	RURAL	7	2	-13.62	-71.72
0812080012	MUYNA	RURAL	1	1	-13.63	-71.73
0812080019	QUEHUARPATA	RURAL	0	2	-13.68	-71.78
0812080025	MAYUNCANCHA	RURAL	20	6	-13.65	-71.81
0812080023	URUBAMBILLAYOC	RURAL	13	13	-13.60	-71.72
0812080040	MARGEN DERECHA	RURAL	48	19	-13.60	-71.73
0812080024	PUMAORCCO	RURAL	14	7	-13.62	-71.74
0812080039	HACIENDA PAMPA	RURAL	14	12	-13.63	-71.73
0812080026	CACCAPATA	RURAL	0	2	-13.65	-71.80
0812080027	ESTRELLACHAYOCP AMPA	RURAL	5	2	-13.65	-71.79
0812080028	ACCOSCCATA	RURAL	10	2	-13.65	-71.81
0812080029	CCOLLACCASA	RURAL	3	4	-13.66	-71.81
0812080030	CCASACANCHA	RURAL	12	2	-13.66	-71.80
0812080031	VAQUERIA	RURAL	12	2	-13.68	-71.78
0812080034	TTANKARAN	RURAL	7	2	-13.69	-71.77
0812080035	CUSICANCHA	RURAL	6	1	-13.69	-71.77
0812080036	CCUSARAN	RURAL	6	3	-13.69	-71.77
0812080033	PUCRUCHACCRA	RURAL	0	1	-13.69	-71.76
0812080032	CARAYPAMPA	RURAL	0	1	-13.68	-71.76
0812080038	JARCCA HUAYLLA	RURAL	13	3	-13.70	-71.77
0812080037	PATACANCHA	RURAL	7	2	-13.69	-71.77
0812080041	CASA HACIENDA	RURAL	22	5	-13.59	-71.72
0812080043	PIÑUYK'UCHU	RURAL	2	2	-13.63	-71.71
0812080042	PUMACCHUPAN	RURAL	0	1	-13.61	-71.73
0304090066	HUARUÑA	RURAL	15	8	-13.93	-73.24

FUENTE: Dirección de Cartografía del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. Censo 2007

### 3.2 Aspectos Físico Geográficos

#### 3.2.1 Fisiografía y Relieve

Lucre-Huacarpay está conformada por relieve de laderas con pendiente hacia los cauces de inundación correspondiente al río Lucre y Huatanay, enmarcadas en su centro por una depresión lacustre donde existen lagunas y humedales. En el entorno del área urbana de Lucre-Huacarpay el relieve está conformado llanuras lacustres, y localmente existen cárcavas, humedales, terrazas que se desarrollan al pie de laderas del área rural del ámbito de estudio.



Ciudad de Lucre-Huacarpay: Fisiografía de llanuras lacustres, cauce de inundación del río Lucre y Huatanay, áreas lagunares. Colinas medias y altas, conos deyección y cauces erosivos.

### 3.2.2 Hidrografía

El sistema hidrográfico dentro del cual se ubica la ciudad de Lucre-Huacarpay corresponde al sistema hidrográfico del río Huatanay hacia el noreste, la quebrada Lucre que corta la ciudad de Lucre y llega a las lagunas y humedales desde el suroeste hacia el noreste.

El sistema hidrográfico de las lagunas de Lucre-Huacarpay, y Quebrada Lucre corresponde al sistema hidrográfico principal del río Vilcanota.



### 3.2.3 Topografía y tipo de suelo

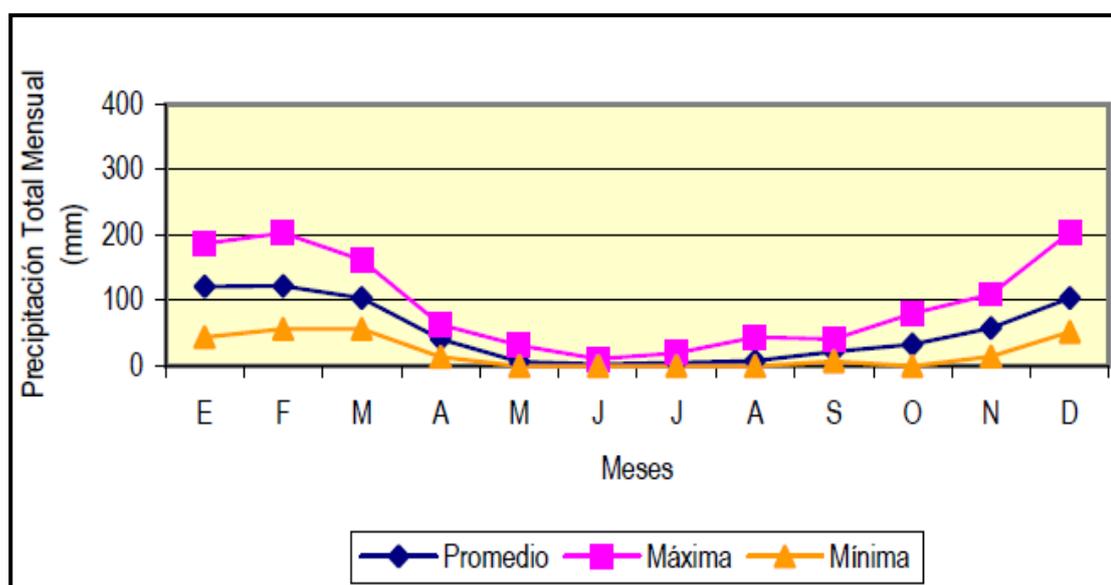
Los suelos de la ciudad de Lucre-Huacarpay son lacustres de arcilla inorgánicas de baja plasticidad y gravas arcillosas, modelado en topografías de laderas inclinadas hacia el sistema hidrográfico principal del río Huatanay, con cotas topográficas que van de 3,000 a 3,400 msnm. Además se presentan superficies topográficas colinosas y laderas de pendientes medias y altas.



Ciudad de Lucre-Huacarpay: Topografía colinosas, depresiones, áreas lagunares y cauces de inundación con cotas topográficas de 3,000 a 3,400 msnm en el ámbito de estudio de la ciudad.

### 3.2.4 Clima

Lucre y Huacarpay tiene un clima frío y seco y la temporada de lluvias es de Diciembre a Marzo. Ver el registro de precipitaciones, el cual muestra regímenes de variabilidad bastante acentuados principalmente por las variaciones orográficas entre valles, planicies y laderas.



## CAPITULO IV

### ESTUDIOS BÁSICOS

#### 4.1 Geología del área de Estudio

##### Generalidades

La ciudad de Lucre – Huacarpay pertenecen a la cuenca del río Lucre, están formada en su mayoría por unidades geológicas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, calizas) de las formaciones, Huancané , Sonco, Mitu, Huancalle, Rumicolca y Kayra, rocas ígneas volcánicas, tobas, de la formación Huacarpay, estas formaciones se encuentran en muchas zonas cubiertas por suelos eluviales y coluviales, los cauces de los ríos y sus riberas están cubiertos por suelos aluviales y conos de deyección.

Geomorfológicamente la ciudad de Lucre – Huacarpay los poblados del distrito están asentados en una depresión o altiplano formado por sedimentación y evaporación lacustre y un posterior modelamiento fluvial en piso de valle y en laderas.

El área de estudio tiene una actividad geodinámica media, que pone en riesgo a algunas zonas del área de estudio, se caracterizaron, derrumbes pequeños, erosión de causes y procesos de formación de cárcavas, esto se debe, a la presencia de rocas sedimentarias de poca consolidación y poca resistencia al intemperismo, laderas de media a alta pendiente y principalmente a la alta intensidad pluvial de la zona. **Mapa Nº 03**

##### Objetivos Particulares

Dentro de los objetivos particulares dentro de área de geología se pueden mencionar los siguientes:

- Evaluar y caracterizar la conformación de las rocas y suelos del basamento, su composición, distribución, ordenamiento estructural, resistencia al intemperismo, etc.
- Describir las geoformas en que las rocas y suelos se ordenaron, frente a la acción erosiva de los ríos, vientos y glaciares
- Describir la configuración estructural que las rocas presentan frente a la acción geotectónica y sísmica.
- Describir, caracterizar y evaluar los fenómenos geodinámicos para poder predecir su comportamiento.
- Realizar el mapa de peligros geológico – geodinámico y brindar recomendaciones de obra con el fin de prevenir y mitigar los peligros que ponen en riesgo a la ciudad de Lucre-Huacarpay, sus centros poblados, carreteras, sistemas de riego, puentes, áreas de cultivo, etc.

#### **4.1.1 Geomorfología**

##### **Geomorfología Regional**

Regionalmente la cuenca se ubica en la Cordillera Oriental y en la Depresión de Huacarpay que está cortada por el río Lucre con dirección Sur a Norte, y por el río Huatanay de Oeste a Este y cerca a Huacarpay en la zona de Huambutio cambia de dirección de Sur a Norte desarrollando en su recorrido geformas y relieves variados (ver plano geomorfológico). A continuación se describen las unidades geomorfológicas de la cuenca del río Lucre y el río Huatanay. **Mapa N° 04**

##### **A) Cordillera Oriental**

Esta unidad geomorfológica tiene un rumbo paralelo a la línea de la costa peruana, en la zona sur del Perú la cordillera oriental presenta picos elevados y relieve abrupto (sistema de nevados Ausangate – Salcantay) la formación de esta cordillera se inicia durante el tectonismo Herciniano (Devónico) sobre un basamento Pre Cámbrico, el levantamiento fue controlado por fallas regionales longitudinales. Esta unidad presenta diferentes geformas las cuales se describen a continuación.

##### **a).- Laderas de baja pendiente.-**

De pendiente ligeramente empinada que en su mayoría está ubicada en la parte norte de la laguna de Huacarpay y/o el poblado de Huacarpay, estas formas de terreno se ubican principalmente en la parte baja de las montañas, con una topografía ligeramente ondulada, la erosión en esta zona es severa.

##### **b).- Laderas de mediana pendiente.-**

De pendiente moderadamente empinada de 25% a 50%; se encuentran generalmente en el área de la parte media a baja de la microcuenca ubicadas al Este y Oeste de la ciudades de Lucre en ambos flancos del río Lucre, disectada por quebradas y cárcavas, son formas de terreno que se ubican al pie y laderas de montaña, con topografía ondulada suave. La erosión actual está ligada a la escorrentía superficial, la erosión de estas es alta, observándose áreas de cárcavas de control difícil. Estas laderas se desarrollan sobre la formación Kayra.

##### **c).- Laderas de alta pendiente.-**

Relieve que se encuentra al Sur Este de la población de Lucre, ubicada a la margen derecha del río Lucre, con una topografía moderadamente accidentada con una erosión actual severa, bisectada por una quebrada la cual ha formado zonas erosivas en esta parte de la ladera. Seguidamente a las laderas de alta pendiente se encuentran las laderas de moderada pendiente. Estas laderas se encuentran ubicadas sobre la formación Kayra.

##### **B) Depresión Interandina**

Esta depresión tiene una dirección SE a NW, con una longitud de área aproximada a los 7 km cuadrados, en la parte sur angosta ensanchándose en la parte media hasta la parte norte de la depresión llegando más o menos a los 2 km y nuevamente llegando a su forma más angosta y se cierra en la parte NO de la depresión, se encuentra una zona bastante plana en la parte donde se encuentra la laguna de Huacarpay.

La depresión Lucre – Huacarpay está constituida por la laguna de Huacarpay y a esta desemboca el río Lucre por la parte Sur Este y por la parte Nor Oeste pasa el río Huatanay

La superficie plana de la depresión se halla interrumpida por algunas lomas intermedias, las cuales están constituidas por afloramientos de lutitas de la formación Soncco.

## **Geomorfología Local**

### **a).- Terraza Baja.-**

Esta zona está conformada por la parte más baja de la depresión de Huacarpay, la topografía es plana con ligeras pendientes de hasta 2%, está cortada por y profundizada por el río Lucre el cual presenta poca erosión u transporte de sólidos.

Existen zonas de depósitos aluviales ubicados en la franja de piso de la microcuenca, con topografía llana a ligeramente inclinada; formado por acumulaciones de arrastre de materiales en época de lluvias, acumulados desde fines del Pleistoceno hasta ahora, conformada por gravas, arena, limo y arcillas. Con erosión ligera, en las riberas de los ríos en épocas de fuerte precipitación, constituyendo niveles de terrazas fluviales de sedimentos, con superficies de relieve suave, pendiente de 4% a 8% regular ha moderadamente inclinado.

### **b).- Conos Aluviales.-**

Ubicados en las partes bajas de las laderas a la margen derecha del río Lucre en su mayoría (cuatro de cinco), con pendiente inclinada, caracterizadas por su geoforma, originados por la erosión del arrastre y acumulación de material coluvial y aluvial adoptando las formas de conos, que se ubican en la partes medias y bajas de las laderas de las montañas y colinas. Desde los 200 m de ancho y 30 m de altura hasta los 20 m de ancho hasta los 5 m de altura el de mayor tamaño es el que se encuentra a 100 m al Nor oeste de la ciudad de Lucre.

### **b).- Colinas.-**

Presentan menor altitud que las montañas que sobresalen de la planicie, con pendientes de 8% a 25% (laderas de medianamente inclinado a moderadamente empinado). Son relieves de poca altura, están distribuidas aisladamente en el área y la morfología se ubica en su mayoría en la formación Soncco (limoarcillitas y areniscas). Estas colinas en su mayoría se encuentran en la parte este de la laguna de Huacarpay y la parte Nor Este de la ciudad de Lucre y al sur Este de la ciudad de Huacarpay.

Esta unidad es utilizada en la agricultura para el sustento de las familias de las ciudades Lucre – Huacarpay y que a la vez sirven como protección ante la degradación y erosión del suelo. **Mapa Nº 04:**

## **4.1.2 Geología**

Se describe las formaciones geológicas existentes:

### **Estratigrafía**

En la cuenca la unidad litológica más antigua corresponde a la Formación Ananea del Silurico, Grupo San Jerónimo del Terciario Inferior y depósitos del cuaternario reciente, su descripción se efectúa a continuación.

#### **a).- Formación Huambutio.-**

Esta formación aflora Noreste de Huacarpay en la terraza de Piquillacta. La Formación Huambutio sobreyace a la formación Maras e infrayace al Grupo Mitu. Se le asigna una edad desde el Jurásico Superior al Cretácico Inferior.

En esta zona, aparece una secuencia roja de areniscas finas y limolitas. Este miembro frecuentemente se halla incompleto por efectos erosivos.

#### **b) Grupo Mitu**

El grupo Mitu está conformado por las formaciones Pachatusan, Pisac y Cay Cay en la zona solamente aflora una pequeña porción de la formación Pachatusan, a causa de levantamientos y cabalgamientos del sistema de fallas inversas de Urcos en la zona.

#### **- Formación Pachatusan.-**

La Formación Pachatusan está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Las rocas volcánicas, las tobos, lapilli y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos.

Los afloramientos de rocas volcánicas de esta formación, se extienden en la zona nor este de Huacarpay en la terraza de Piquillacta.

#### **c).- Formación Huancané.-**

La Formación Huancané reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu. La Formación Huancané está compuesta por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco de origen fluvial. La edad asignada indica el Cretácico inferior. Sus afloramientos constituyen un nivel guía en el cartografiado tanto por el color, así como formar acantilados. El espesor es pequeño y varía entre 30 y 150 metros.

Aflora en pequeñas proporciones al Noreste de Huacarpay, formando un sistema complejo de fallas inversas y cabalgamientos junto a las formaciones Huambutio y Pachatusan.

#### **e).- Grupo San Jerónimo.-**

Una gruesa serie roja de origen continental de más de 6000 metros de grosor conocida como Grupo San Jerónimo, aflora ampliamente en la región de Cusco y Sicuani, abarcando también la zona de estudio. Estratigráficamente se divide el Grupo San Jerónimo en tres formaciones (Kayra, Soncco y Punacancha).

#### **- Formación Kayra.-**

Aflora ampliamente en la zona sur de la cuenca del río Lucre, presenta estratificación paralela en secuencias de arenisca en su mayoría y lutitas

Está constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas, desarrollado en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación, la parte media superior es

más gruesa y está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado, la formación acaba con facies arenopelíticas de llanura de inundación y canales divagantes.

A la formación Kayra la edad de ~52 Ma a ~42 Ma., Eoceno inferior – Eoceno medio superior del periodo Paleógeno de la era Cenozoica.

#### **- Formación Soncco.-**

Aflora al sur este y sur oeste de la laguna de Huacarpay, la Formación Soncco sobreyace concordante a la Formación Kayra. La parte inferior está compuesta por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles de areniscas finas y la parte superior está compuesta por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos de un sistema fluvial altamente entrelazado.

Se le asigna una edad de ~42 Ma a ~30 Ma, Eoceno medio superior – Oligoceno inferior, del periodo Paleógeno de la era Cenozoica

#### **f).- Formación Rumicolca ( Q-ru).-**

Unidad que está constituida por un conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones variables que afloran a lo largo de la cuenca del río Huatanay al norte de la laguna de Huacarpay, identificadas por su textura rugosa y por sobresalir en el relieve.

Unidad litológica conformada mayormente por rocas de composición andesítica y basáltica, siendo su litología muy similar de un afloramiento a otro, rocas consideradas de buena calidad como piedra para construcción, por ejemplo la cantera de Rumicolca ubicada al este de Huacarpay. Se le asigna una edad Plio – Cuaternaria.

#### **g).- Depósitos del Cuaternario Reciente.-**

En la zona de estudio se presenta los siguientes tipos de depósito cuaternario:

##### **- Depósitos Coluviales (Qr-co)**

Se presentan en ambas laderas del valle del río Vilcanota y en la ladera derecha del río Huaro, estos depósitos son producto de la alteración de las rocas de base y escaso transporte por gravedad, el espesor varía de superficial a profundo; conformado por gravas de clastos angulosos a sub angulosos, heterométricos, envueltos en matriz arenolimoso y arenolimoso.

##### **- Depósitos Fluviales**

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo del valle del Vilcanota, generalmente estos materiales son inconsolidados y tienen alta permeabilidad; están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas.

##### **- Depósitos Aluviales**

Dentro de estos depósitos se consideran los conos aluviales ó conos de deyección y los depósitos de los cauces de los ríos y quebradas, que están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas afluentes, litológicamente conformados por material heterogéneo bloques de roca, cantos, gravas y guijarros mezclados con arena, limo y arcilla, de regular a buena consolidación natural.

### **- Depósitos lacustres**

Ubicados en la parte plana u la orillas del la laguna de Huacarpay, estos depósitos de encuentran una secuencia estratigráfica bien laminada de arenas, limos arcillas y turbas con abundante presencia de material orgánico.

## **RASGOS ESTRUCTURALES**

La zona de Piquillacta al este de Huacarpay presenta estratos volcados, cabalgados e intensamente fracturados de las formaciones Pachatusan, Huancané y Huambutio, esto se debe a la compresión geotectónica de la zona y al sistema de fallamiento inverso (Falla Tambomachay, Limatambo Zurite y Urcos) por el cual deformato a todas estas rocas, en la zona se presentan diapiros de yeso de la formación Maras los cuales también deformaron y fracturaron los estratos, en el periodo del Pleistoceno se produjo la intrusión magmática de las rocas basálticas de la formación Rumicolca los que fracturaron y deformaron aun mas las rocas, por ende en la zona se produjo una gran actividad geotectónica.

Los afloramientos de rocas de la formación Kayra tienen una estratificación paralela con direcciones de Nor Este a Sur Este y buzamientos de 45° a 65 ° al Sur la cual forma el flanco derecho del sinclinal de Andahuaylillas cuya charnela esta a 2 Km al Este de Lucre y tiene una dirección SE - NO.

### **4.1.3 Geodinámica**

#### **Geodinámica Interna (Sismicidad)**

La sismicidad del territorio peruano está ligada al proceso geotectónico de subducción. Los sismos de la región sur del Perú se enmarcan dentro de la sismicidad ocasionados por un sistema de fallas locales. Los epicentros en la zona sur son mayormente continentales.

De acuerdo al Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Alva Et Al-1984), en la zona de estudio se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VIII grados en la Escala Modificada de Mercalli, Intensidad que debe ser considerada en el cálculo de los diseños de las estructuras planteadas en los proyectos. (Ver mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú).

Para la zona en estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.28g correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% como se muestra en el mapa de isoaceleraciones. (Ver mapa de isoaceleraciones del Perú)

El riesgo sísmico está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno. Los parámetros correspondientes a la ubicación del estudio son:

Periodo de retorno (años)	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

De acuerdo a la Norma Sismo resistente, E – 030 del Reglamento Nacional de Construcciones la zona de estudio tiene los siguientes parámetros para una zonificación sísmica según RNC: (ver mapa de zonificación sísmica del Perú.)

Zona:	2	Mapa de zonificación sísmica
Coefficiente sísmico	0.12	Mapa de zonificación del coeficiente sísmico
Factor de zona (Z)	0.3	Tabla 1
Parámetro del suelo	Ts= 0.9 s	Período predominante.
Perfil tipo de suelo	S <sub>2</sub>	Suelos gravosos de moderada capacidad de carga

La fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica es determinada por la siguiente relación:

$$H = \frac{Z \times U \times S \times C \times P}{R}$$

Donde:

Z = Factor de zona. (Tabla 1, Norma E 030)

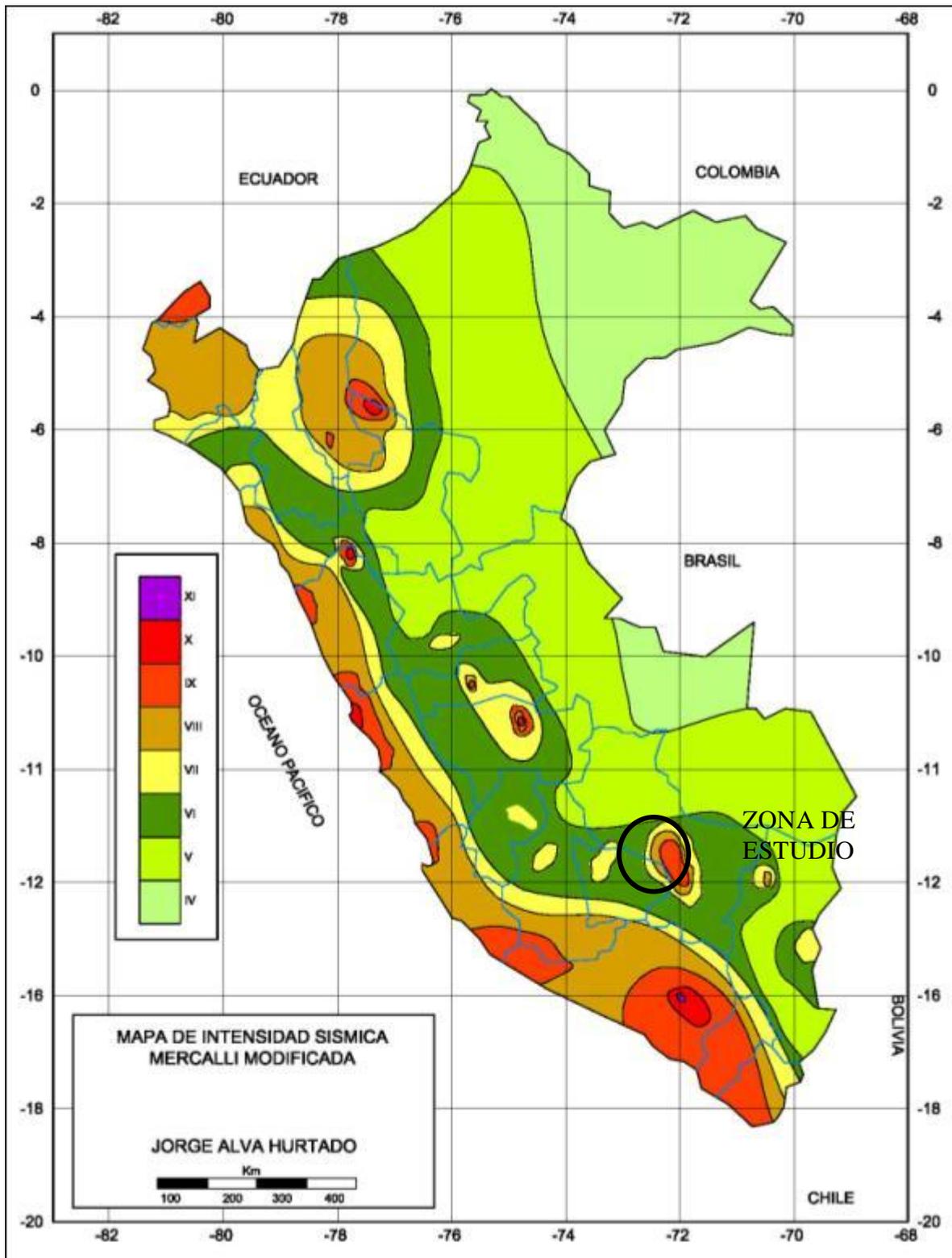
U = Factor de uso. (Tabla 3, Norma E 030)

S = Factor de Suelo. (Tabla 2, Norma E 030)

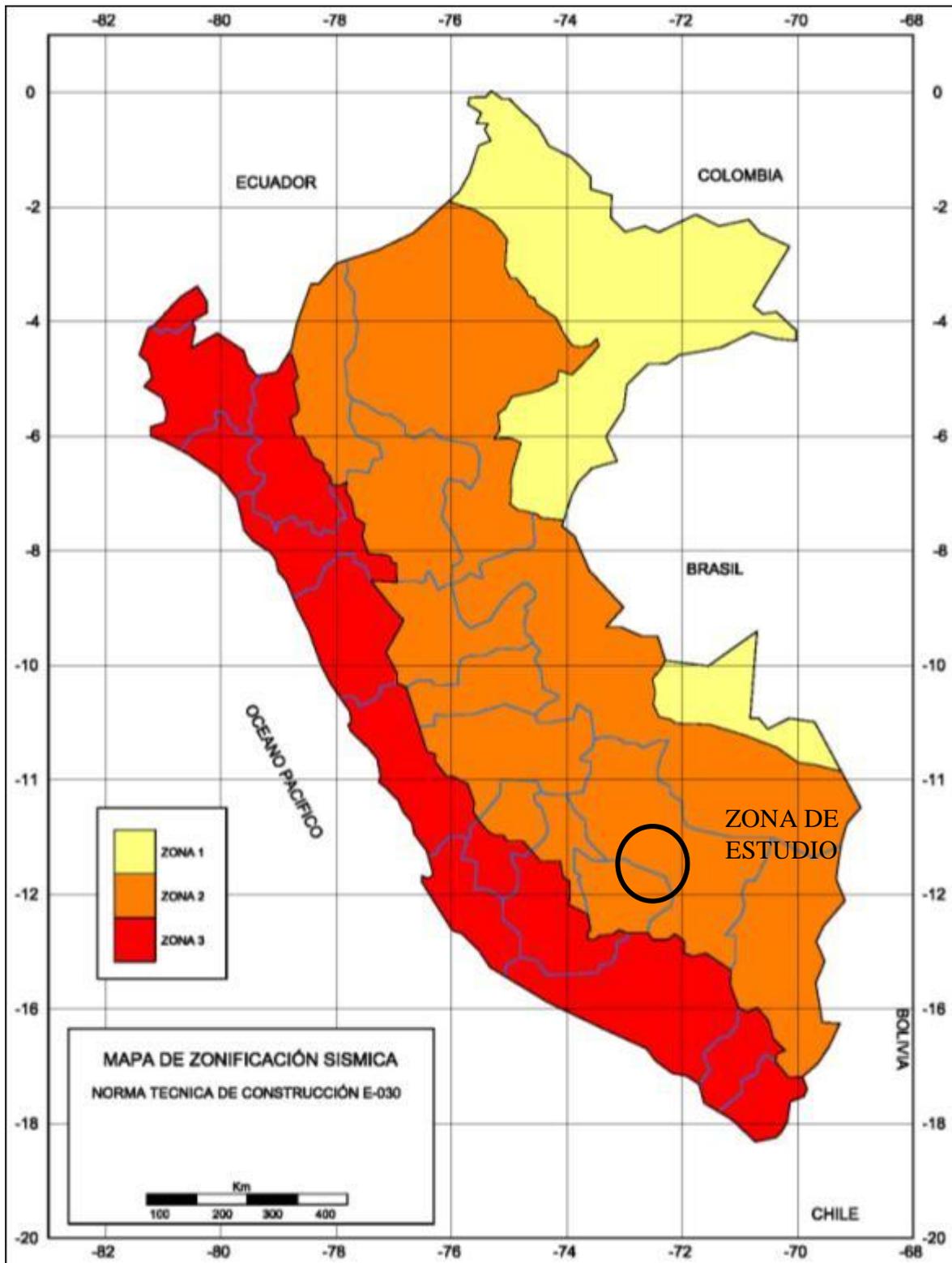
C = Coeficiente sísmico. (Artículo 7 y 17, Norma E 030)

P = Peso de las estructuras.

R = Coeficiente de Reducción (Tabla 6, Norma E 030)







## **Geodinámica Externa**

En el plano geodinámico se han mapeado los fenómenos detectados e identificados, en campo, observando claramente que estos procesos se han generado mayormente en la unidad geomorfológica denominada "laderas de moderada pendiente".

En la zona de estudio predomina la unidad geomorfológica de planicie con algunas colinas y laderas de moderada pendiente, por ello, la actividad geodinámica es limitada, escasa y de baja intensidad.

En la zona se han desarrollado los fenómenos geodinámicos siguientes: **Mapa Nº 05**

### **a).- Cauces erosivos .-**

La acción erosiva de los ríos y quebradas, que discurren sobre el terreno, producen socavación lateral y de fondo sobre sus cauces y márgenes dando lugar a la formación de derrumbes y deslizamientos continuos y alineados al cauce.

Los afluentes del río Lucre y este producen en las geoformas de laderas de mediana pendiente y en las colinas, en las cuales predomina la erosión de fondo, originando pequeños derrumbes en los márgenes, esto es en las quebradas Sinhuanan y otros dos sobre la formación Kayra. Otro sistema de drenaje de quebradas se encuentra en la parte Sur Oeste de la ciudad de Lucre que está constituido por seis ríos que forman un sistema de drenaje paralelo que se encuentran sobre la formación Soncco. Los depósitos que se encuentran en el cauce de estos ríos son depósitos aluviales de grava y matriz limoarcillosa.

### **b).- Quebradas erosivas ( cárcavas ).-**

Estos fenómenos se desarrollan en quebradas secas, por efecto de la intensa escorrentía de aguas pluviales que produce erosión fuerte, formando depresiones retroprogresivas, es decir que la erosión avanza aguas arriba, este fenómeno se activa en el periodo de precipitaciones pluviales y está relacionado al intenso fracturamiento y meteorización de la roca, deforestación y al perfil longitudinal de pendiente fuerte a muy fuerte de la cárcava.

En esta zona podemos ubicar numerosas cárcavas que forman un sistema paralelo de estos constituido por 26 quebradas erosivas ubicadas en la parte Este de la laguna de Huacarpay y Nor Este de la ciudad de Lucre sobre las formaciones Kayra y Soncco y se presenta en las laderas de baja y mediana pendiente, y también se encuentra otro sistema de cárcavas paralela de 15 quebradas erosivas a la margen derecha del río Lucre sobre las formaciones Kayra y Soncco.

Estas cárcavas se caracterizan por tener una vegetación que los cubre lo cual nos indica que son antiguas y fueron activadas por las intensas precipitaciones pluviales que han originado una intensa erosión regresiva (la erosión avanza aguas arriba) que ocasiono derrumbes y deslizamientos en ambos flancos.

### **c).- Conos de deyección.-**

Vienen a ser las laderas de pendiente moderada las que están constituidas por suelos limo arcillosos y yesos de la formación Maras, propensos a derrumbes, deslizamientos y formación de cárcavas por la precipitación pluvial, baja consolidación de suelos y escasa cobertura vegetal.

Las zonas de laderas inestables en su mayoría están ubicadas al Oeste de la ciudad de Lucre y en la margen derecha del río Lucre, las faldas de los cerros ubicados en esta zona cedieron hacia la base formando estos conos de deyección que en este caso son tres el primero que esta al Sur Este de la ciudad de Lucre y casi limitando con ella y con el río Lucre tiene unas dimensiones aproximadas de 100 m de ancho y 20 m de altura el segundo esta al Nor Oeste de la ciudad de Lucre, a una distancia de 100 m de esta, en dimensión la más grande con 200 m de ancho y 30 de altura y el tercero está ubicado a unos 250 m de distancia a la ciudad de Lucre al Nor Oeste de esta misma con unas dimensiones de 50 m de ancho y 15 m de altura.

Para minimizar el riesgo de estas laderas inestables y erosivas se recomienda la re vegetación con pastos o forestación con arboles nativos o exóticos.

## **4.2 Peligros Geológicos**

### **4.2.1 Evaluación De Peligros Geológicos De Geodinámica Interna (Peligros Sísmicos)**

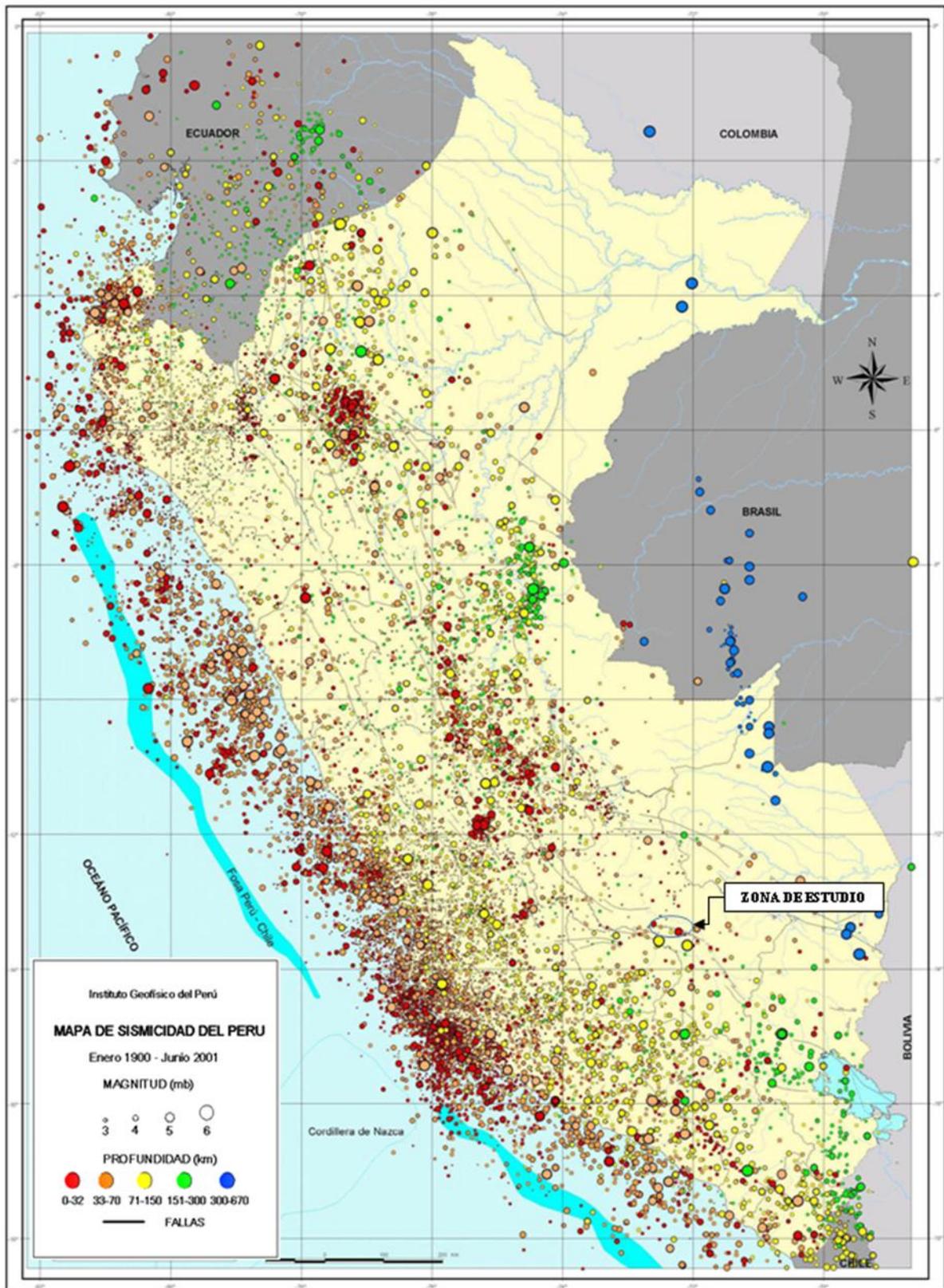
A lo largo de todos los andes peruanos se observan fallas activas que son causa de los esfuerzos que produce la subducción sobre la Placa continental Sudamericana. Es así, en la región del Cusco se ubican dos sistemas de fallas activas importantes, sistemas de fallas que podrían estar relacionadas con sismos de magnitudes variables ocurridos en los años 1581, 1590, 1650, 1707, 1744, 1746, 1905, 1928, 1941, 1943, 1950, 1965, 1980 y 1986 (Esquivel y Navia, 1775 & Silgado, 1978). La región del Cusco, es una región de alta sismicidad, debido al sistema de fallas existentes en el área, por lo tanto está expuesta a un peligro sísmico; En la actualidad se cuenta con una relación de sismos compilada a partir de los últimos 30 años de instrumentación sísmica realizada por el Instituto Geofísico del Perú y de crónicas históricas donde mencionan la ocurrencia de grandes sismos.

Teniendo en cuenta las características geológicas y geomorfológicas de la zona, circunscrito dentro del levantamiento andino, y la información sísmica registrada por el Instituto Geofísico del Perú. El registro cronológico de la actividad sísmica en la región (1581 – 1994), demuestra que la zona de estudio se encuentra ubicada dentro del área sísmicamente activa, donde ocurrieron movimientos sísmicos que causaron daños materiales en los departamentos de Apurímac y Cusco.

Del análisis del mapa de sismicidad del Perú, el área del estudio, tectónicamente se ubica en la parte interior de una flexión de la cordillera Oriental, a partir de lo cual parece iniciarse una zona de Transición Sismotectónica que separaría regiones sismotectónicas al norte y sur con sus características geofísicas y geológicas algo diferentes y se halla ubicada entre los paralelos 13° y 14° de latitud sur (Deza, 1972). Esta zona de transición coincide parcialmente con lo que también se conoce como la Deflexión de Abancay. La zona de transición parece estar definida por numerosos alineamientos E-W, (Cabrera, 1988), de los primeros análisis epicentrales de sismos ocurridos, también en la zona de estudio existen hipocentros muy superficiales (0-32 Km) y superficiales (33-70 Km), con magnitudes de 4 a 5 mb (milibares). Los sismos que se presentan microcuenca del Vilcanota, son abundantes y de carácter intermedio (71-300 Km.), se relaciona con una estructuración de bloques (Deza, 1985; Ascue, 1997).

En general los sismos de esta área por su origen, son de carácter tectónico y pueden estar catalogados en dos categorías:

- Sismos intraplacas con profundidades mayores a 70 Km. relacionados con la interacción de las placas de Nazca y Sudamérica.
- Sismos intraplacas, con profundidades menores a 70 Km. relacionada a una estructuración intraplaca en bloques, ligadas a fallamiento profundos



MAPA SÍSMICO DEL PERÚ, FUENTE INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ.

### a).- Registro Sísmico Local Y Regional

En la región del Cusco hay un sistema de fallas importantes como Tambomachay, Qoricocha, Zurite – Limatambo, Pisac, Pomacanchis, Urcos, Acomayo, Pampamarca, Langui, Capacmarca, Pachatusan, Paucartambo, Yauri; los epicentros de los sismos de los últimos 10 años se emplazan en las zonas de las fallas geológicas, lo que nos demuestra que el sistema de fallas sísmogénicas son activas.

**Cuadro Nº 5**

Año	Mes	Día	Hora	Latitud	Longitud	Prof.	Magn. (Mb)	Ubicación
1999	10	17	05:03:03.20	-13.99	-71.92	10	3.5	8 km al NE de Capacmarca
1999	11	6	16:07:47.50	-13.45	-71.98	10	2.7	6 km al N del Cuzco
1999	11	27	02:32:13.10	-15.03	-71.62	10	4.8	35 km al SW de Yauri
2000	3	9	14:37:10.80	-13.70	-72.11	10	3.4	26 km al S de Anta
2000	4	7	21:16:13.10	-11.27	-73.13	10	4.3	91 km al SE de Atalaya
2000	9	21	15:30:41.10	-13.33	-72.07	10	3.1	22 km al NW de Cuzco
2001	2	12	21:22:31.30	-13.48	-72.01	10	2.2	5 km al NW de Cuzco
2001	11	3	15:21:52.10	-13.61	-72.23	10	3.6	17 km al SW de Anta
2003	5	12	09:46:13.70	-13.63	-71.66	10	3.5	7 km al NW de Urcos
2003	5	16	15:36:24.50	-13.57	-72.06	10	3.0	11 km al SW de Cuzco
2003	5	18	03:49:44.70	-13.56	-71.89	10	3.5	11 km al SE de Cuzco
2003	5	25	18:54:19.50	-13.94	-72.52	10	4.5	27 km NE Chuquibambilla
2003	7	6	17:38:20.30	-13.45	-72.25	10	3.7	12 km al NW de Anta
2003	7	7	07:17:36.00	-13.36	-72.32	10	3.8	23 km al NW de Anta
2003	8	8	14:56:26.00	-14.11	-71.79	10	5.0	22 al SE de Capacmarca
2003	8	8	15:38:11.10	-14.12	-71.82	10	4.9	20 al SE de Capacmarca
2003	8	22	07:14:43.30	-13.45	-72.46	10	3.6	33 km al W de Anta
2004	6	16	14:56:19.66	-13.70	-71.31	10	2.5	33 km al E de Urcos
2005	7	11	07:40:34.17	-14.90	-72.92	10	3.2	35 km al N de Cotahuasi
2005	7	20	18:20:02.24	-13.94	-71.71	10	2.7	4km al SW de Acomayo
2005	9	5	14:22:36.16	-14.49	-71.61	10	3.8	37km al SW de Yanaoca
2006	6	1	12:04:24.85	-14.08	-72.26	10	2.9	29km SW de Capacmarca
2006	8	9	22:36:02.21	-14.39	-70.91	10	4.7	37km al S de Macusani
2006	11	13	07:49:37.00	-13.90	-71.69	10	4.7	2km al NW de Acomayo
2006	11	13	07:55:22.21	-13.83	-71.66	10	4.0	9km al NE de Acomayo
2007	9	24	02:24:55.46	-12.93	-71.61	10	3.7	43km N de Paucartambo
2009	2	15	01:02:30.08	-13.66	-71.86	10	2.7	11km al N de Paruro
2009	5	11	20:43:20.89	-13.96	-71.61	10	4.0	9km al SE de Acomayo
2009	7	2	06:10:54.00	-13.50	-72.19	10	4.0	Anta, Zurite, Huarcondo

Catálogo sísmico, reprocesado por C. Barrientos en el IGP.

### b).- PELIGRO SÍSMICO.-

En sismología "Peligro sísmico o amenaza sísmica" es la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo. El conocimiento de esta probabilidad es importante para constructores, ingenieros y planificadores.

El objetivo del análisis de peligrosidad sísmica, es determinar cuál será el máximo sismo que pueda afectar a una infraestructura en su vida útil, o cual será el máximo sismo en un emplazamiento o región en un periodo de tiempo determinado. Los primeros métodos de análisis de la peligrosidad fueron deterministas, es decir, se basaron en el registro histórico de los sismos de mayor tamaño, pero pronto fueron cuestionados y reemplazados por los métodos probabilísticos, basados en los periodos de recurrencia, ninguno de estos dos métodos resulta

del todo satisfactorio, pues no solo se desconocen partes esenciales de los modelos en los que se basan, sino que los datos disponibles son insuficientes. A pesar de ello la necesidad de llegar a respuestas aceptables bajo el punto de vista práctico hacen que represente la mejor opción actual disponible.

### c).- CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN DE LA ONDA SÍSMICA E INTENSIDAD ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI.-

Para este cálculo se utilizó el Método Determinístico, este método supone que la sismicidad futura será similar a la pasada, siendo el máximo sismo ocurrido el máximo previsible. Es un proceso en que repitiendo los mismos parámetros en un evento, sabemos con seguridad absoluta si ocurrirá o no cierto resultado; se basa en la relación de daños en estructuras de sismos anteriores con la intensidad sísmica. La cantidad de datos necesarios para el análisis es incompleta para varias estructuras. Los diferentes diseños, construcciones y factores locales del suelo dan como resultado que la información existente tenga un valor limitado.

Del sistema de fallas regionales activas, la falla de Zurite - Limatambo y la falla Mollepata – Limatambo son directamente responsables de los eventos sísmicos ocurridos en la microcuenca. Utilizando el método Determinístico de Aceleración, (Steinmom, 1982), se calcula los probables daños a la infraestructura en la ciudad de Lucre-Huacarpay.

La fórmula de Steinmom es la siguiente:

$$A = \frac{224 e^{0.823(Ms)}}{(R + C(M))^{1.56}}$$

Donde:

$A$  = Aceleración (1 gal = 1cm/seg<sup>2</sup>)

$Ms$  = 0.89+1.341Log L

$C(M)$  = 0.864e<sup>0.46Ms</sup>

$R$  = Distancia del poblado a la falla (km)

$L$  = Longitud de la falla (Km)

Realizado los cálculos se tiene:

**Cuadro Nº 6**

CIUDAD O POBLADO	LONGUITUD DE LA FALLA (L) (Km)	DISTANCIA DE LA CIUDAD A LA FALLA (R) (Km)	MS	C(M)	ACELERACIÓN (A) (gal cm/seg <sup>2</sup> )	INTENSIDAD SISMICA ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI
HUACARPAY	48.00	8.20	3.14	3.67	62.74	VII Muy Fuerte
LUCRE	48.00	9.50	3.14	3.67	53.35	VII Muy Fuerte

Calculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en los poblados próximos a la falla Tambomachay.

CIUDAD O POBLADO	LONGUITUD DE LA FALLA (L) (Km)	DISTANCIA DE LA CIUDAD A LA FALLA (R) (Km)	MS	C(M)	ACELERACIÓN (A) (gal cm/seg <sup>2</sup> )	INTENSIDAD SISMICA ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI
HUACARPAY	10.00	6.10	2.23	2.41	49.73	VII Muy Fuerte
LUCRE	10.00	6.70	2.23	2.41	44.72	VII Muy Fuerte

Calculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en los poblados próximos a la falla Urcos.

Cabe mencionar que los suelos donde se asienta la ciudad de Huacarpay son depósitos lacustres de arcillas y turbas en su mayoría con abundante contenido orgánico y aguas freáticas donde las ondas sísmicas tienden a amplificarse y aumentar la intensidad sísmica de la zona.

Grado	Descripción
<b>I. Muy débil</b>	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
<b>II. Débil</b>	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal.
<b>III. Leve</b>	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
<b>IV. Moderado</b>	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
<b>V. Poco Fuerte</b>	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
<b>VI. Fuerte</b>	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañados. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
<b>VII. Muy fuerte</b>	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
<b>VIII. Destructivo</b>	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
<b>IX. Ruinoso</b>	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
<b>X. Desastroso</b>	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería destruida. Rieles doblados. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
<b>XI. Muy desastroso</b>	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
<b>XII. Catastrófico</b>	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

#### 4.2.2 Evaluación De Peligros Geológicos De Geodinámica Externa

En esta zona podemos indicar que la actividad geodinámica va desde moderada hasta alta debido a las geformas que se observa.

Con mucha frecuencia se presenta derrumbes y esto se debe a que los suelo no están compactos si no de lo contrario son suelos sueltos considerado peligroso en la parte Este de la ciudad de Huacarpay a unos 100 m de esta que puede poner en peligro a los transeúntes y pobladores de la ciudades de Lucre – Huacarpay puesto que la carretera Cusco - Urcos y la línea férrea pasan a unos metros del deslizamiento mencionado; también se considera peligroso al sistema de cárcavas por estar compuestas por varias de estas y estar unidas uno del otro con una distancia poco considerables, estas actividades geodinámicas son dos una ubicada al Nor este y a unos 200 m de la ciudad de Lucre y el otro al Sur oeste a unos 100 m de esta misma que podría ser perjudicial para las casas y zonas de cultivo que se

encuentran cerca. Los ríos Lucre, Huatanay y otros que desembocan en estos y en la laguna y que discurren sobre la llanura plana, donde predomina la erosión lateral en épocas de avenidas intensas; el problema fundamental de estos ríos, es que por la poca pendiente del terreno por donde discurren, son propensos a desbordarse y causar inundaciones.

Todas las laderas de mediana y baja pendiente se encuentran fracturadas y agrietadas, y están propensos a sufrir de pequeños y grandes derrumbes en especial en épocas pluviales que se encuentran prácticamente cubriendo el mayor porcentaje de la zona de estudio.

La ciudad de Lucre está muy próxima a ser invadida por los conos de deyección unidas por un sistema de cárcavas que se encuentran ubicadas al Oeste de esta.

#### **4.2.3 Mapa De Peligros Geológicos**

Del análisis del mapa geodinámico, se ha establecido la zonificación de peligros geológicos de acuerdo a la descripción siguiente (ver Mapa de Peligros Geológicos) **Mapa N° 06:**

##### **Peligro Geológico Muy Alto**

En el mapa de peligros la zona de muy alto peligro está representado por el color rojo, son aquellas zonas por las cuales discurren los ríos y quebradas puesto que generar peligros de socavación, derrumbe, deslizamiento por la erosión de sus agua, también las zonas de laderas en las que se aprecia una gran cantidad de fenómenos geodinámicos como cárcavas y cauces erosivos (Ver mapa de peligros geológicos) que ponen en riesgo la vida de los pobladores, sus viviendas, áreas de cultivo e infraestructura de carreteras y riego, estas zonas son:

Los márgenes de las lagunas de Huacarpay por presentar suelos lacustres de baja consolidación y ser zonas inundables.

Los cauces erosivos del río Lucre y el río Huatanay por ser indudables y producir socavación lateral.

Las laderas al sur oeste y nor este de Huacarpay por ser de pendiente alta, presencia de cárcavas y suelos inestables.

##### **Peligro Geológico Alto**

Están referidas a zonas donde el peligro geodinámico es alto y están representadas en el Mapa de Peligros con el color anaranjado, estas zonas presentan fenómenos geodinámicos de moderada a alta incidencia, también vienen a ser zonas o franjas de amortiguamiento ante zona de muy alto peligro.

Las laderas al alta pendiente de la cuenca y el entorno de las ciudades por presentar basamentos de areniscas muy fracturadas, la terraza lacustre de Huacarpay por tener suelos de baja consolidación u ser propensas a inundaciones.

##### **Peligro Geológico Medio**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a moderada y la presencia de fenómenos geodinámicas es limitada.

La terraza al oeste de la ciudad de Lucre se encuentra alejada de zonas de peligro, los suelos son arcillosos y presentan cierta altura con respecto al lecho de la laguna, existe poca

probabilidad que sean inundados. También la terraza lacustre al oeste de Huacarpay presenta relieve plano y está alejado de la ladera con procesos de cárcavas.

### 4.3 Hidrología del Área de estudio

#### 4.3.1 Ubicación e importancia del área de estudio

El distrito de Lucre se encuentra ubicado a 30 Km, por la vía asfalta y al noreste de la ciudad del Cusco; y se encuentra a una altitud media de 3824 m.s.n.m.

Esta comprendida entre las coordenadas  $72^{\circ} 15'$  y  $72^{\circ} 26'$  longitud Oeste y entre las coordenadas  $13^{\circ} 27'$  y  $13^{\circ} 25'$  latitud Sur.

La principal vía de acceso que conecta a la ciudad de Lucre con la ciudad del Cusco es: la vía asfalta Cusco – Sicuani

La ciudad de Lucre es el centro poblado que abastece de insumos a la ciudad de Cusco.

#### 4.3.2 Microcuenca del río Lucre

Esta microcuenca abarca un área de 97.14 Km<sup>2</sup>, siendo su canal de drenaje principal el río Lucre. La microcuenca tiene una forma alargada (factor de forma igual a 0.32) y su relieve está conformado por montañas con una altitud promedio de 3826 m.s.n.m y una altitud máxima de aproximadamente 4450 m.s.n.m, su longitud de eje del cauce principal es de 13.0 km y presenta una pendiente promedio de 11.45%.

Paisajísticamente la parte alta de la microcuenca, presenta un paisaje de puna con afloramientos rocosos, la parte baja presenta más bien un paisaje de valle.

#### 4.3.3 Caracterización Hidrológica

##### Generalidades

El clima en la elevación de Lucre es templado y seco con temperaturas máximas diarias que varían de 27 °C durante el verano (diciembre - marzo) a 19 °C durante el invierno (junio - septiembre) (Fuente: SENHAMI). La temperatura disminuye a mayor altitud, por ejemplo temperaturas bajo cero ocurren durante la noche en elevaciones sobre los 4300 m.s.n.m. aproximadamente. La precipitación total anual en promedio es de 744.00 mm. En Lucre, aproximadamente el 80% de esta precipitación cae entre noviembre a marzo.

##### Parámetros Geomorfológicos

Hidrológicamente, la microcuenca funciona como un gran colector que recibe las precipitaciones y las transformaciones en escurrimiento. El procedimiento de precipitación escorrentía está en función de una gran cantidad de parámetros que influye en el comportamiento hidrológico de una cuenca. A la fecha se ha comprobado que algunos índices y características propias de la cuenca tienen influencia en la respuesta hidrológica de la misma. A continuación se menciona algunos parámetros de forma empleados:

- **Coefficiente de compacidad:** Es el coeficiente entre el perímetro de la cuenca y la longitud de una circunferencia de área igual de la cuenca. Este valor es también conocido como el índice de Gravellius

$$I_c : 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- **Coefficiente de compacidad:** Se define como el coeficiente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud de la misma.

$$R_f : \frac{A}{L^2}$$

- **Razón de Circularidad:** El radio o la relación de circularidad, ( $R_{ci}$ ), es el cociente entre el área de la cuenca ( $A$ ) y la del círculo cuyo perímetro ( $P$ ) es igual al de la cuenca:

$$R_{ci} : \frac{4\Pi A}{P^2}$$

Cualquiera de estos parámetros permite estimar la respuesta hidrológica de una cuenca ante un evento de precipitación pluvial extrema, pues intervienen en la determinación de la magnitud de la escorrentía superficial.

Existe una relación potencial entre el área de la cuenca y el caudal de la misma, una cuenca de mayor área tendrá un mayor volumen de escorrentía.

Una cuenca de fuerte pendiente tendrá un pico de hidrograma (caudal máximo después de una tormenta) mayor y más pronunciado.

En el Cuadro N° 7 se presentan los valores arrojados del análisis morfológico de la microcuenca de Lucre:

**Cuadro N° 7**  
**Resumen de las Características Morfológicas Microcuenca Lucre**

CARACTERISTICAS	FORMULA	RESULTADO Y COMENTARIO		
Área (A)		97.14	Km <sup>2</sup> (Cuenca pequeña)	
Longitud del cauce (L)		15	Km(longitud del cauce principal)	
Perímetro (P)		47.53	Km	
<b>Parámetros de forma de la microcuenca</b>				
Factor Forma de Horton	$R_f : \frac{A}{L^2}$	Rf:	0.67	
Índice de Gravellius	$I_c : 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Ic:	1.35	Cuanto más cercano es a 1.0, presenta una forma circular
Razón de Circularidad	$R_{ci} : \frac{4\pi A}{P^2}$	Rc:	0.54	
<b>Parámetros relativos al relieve</b>				
Altura promedio	$H : \frac{S_s}{A}$	3826.00	La elevación media de la microcuenca es de 2975m.s.n.m	
Centroide	X :-13,49	Y: -72.07	Coordenadas en geográficas	
Pendiente Promedio			11.6%	

Con respecto al área se clasifica como “microcuenca” (superficie menor 97.14 Km<sup>2</sup>). En relación al factor de forma (Rf), la cuenca presenta un valor muy bajo. El índice de compacidad (Ic) muestra que se trata de una microcuenca de forma alargada y por ultimo con respecto a la razón de circularidad Rci, los resultados muestran que la cuenca es poco regular por su lejanía con el índice.

▪ **Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje (Dd) se estima dividiendo la longitud total de los afluentes (Lt) entre el área (A), este parámetro indica la posible naturaleza, de los suelos que se encuentran en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura vegetal existente. En la microcuenca de Lucre resulta un valor de 1.1, que representa zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables e impermeables.

▪ **Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de la altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en Km<sup>2</sup> o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca. De esta curva se puede extraer una importante relación, y es la relación Hipsométrica.

$$R_h : \frac{S_s}{S_i}$$

Donde  $S_s$  y  $S_i$  son, respectivamente, las áreas sobre y bajo la curva hipsométrica. La importancia de esta relación reside en que es un indicador del estado de equilibrio dinámico de la cuenca. Así, cuando  $R_h = 1$ , se trata de una cuenca en equilibrio morfológico. Cuando el valor de  $R_h$  es menor a la unidad refleja una cuenca con un gran potencial erosivo (fase de juventud), cuando el caso de  $R_h$  es igual a la unidad es característica de una cuenca en equilibrio (fase de madurez); cuando  $R_h$  es mayor a la unidad es típica de una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

Para nuestro caso se obtiene un valor de  $R_h$  de 1.5, que clasifica a la microcuenca de Lucre, como una microcuenca con un gran potencial de arrastre de sedimentos. En el Gráfico N° 01 se muestra la curva hipsométrica correspondiente.

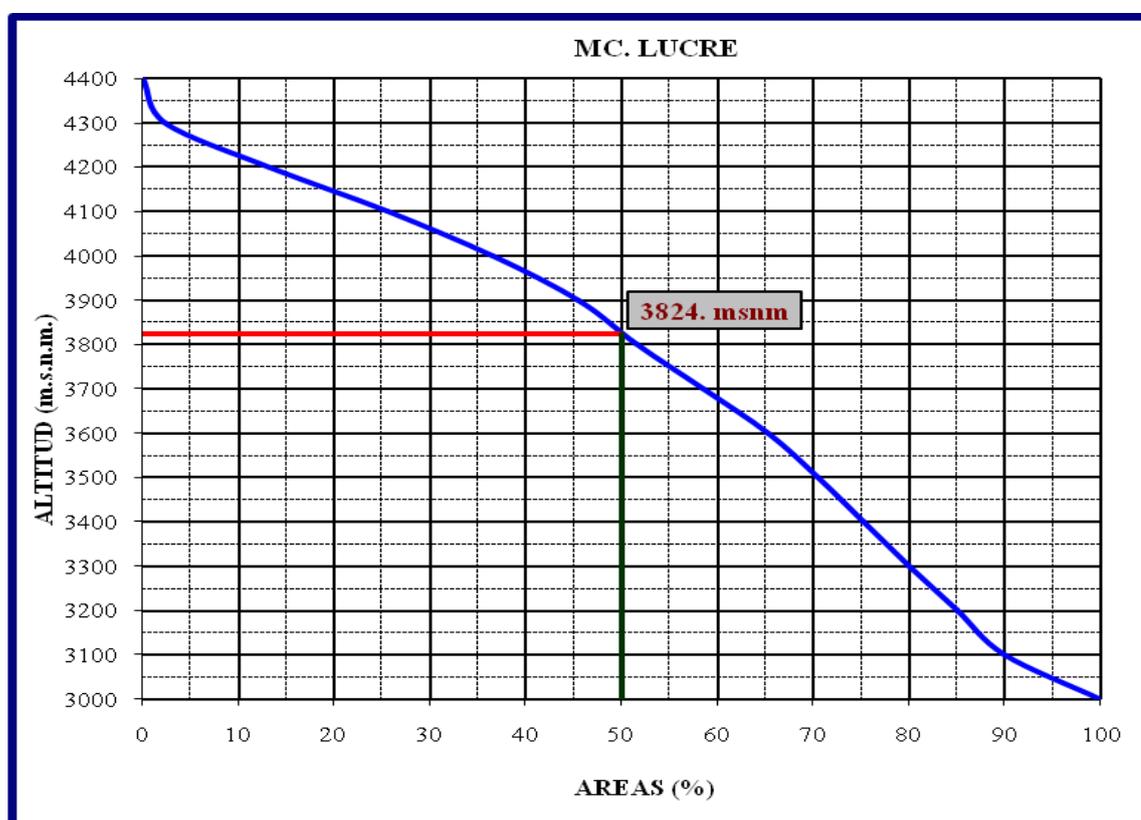


Gráfico 1: Curva hipsométrica de la microcuenca de Lucre

#### 4.3.4 Análisis Hidrológico

##### Información Cartográfica

La información cartográfica disponible en la zona del estudio para el reconocimiento de las cuencas que intercepten y/o inciden en la zona, fue obtenida del instituto Geográfico Nacional (IGN).

Las cartas obtenidas del IGN a escala 1/25,000 y con sistema de coordenadas UTM referida al Datum WGS 84.

##### Información Pluviométrica

La información de pluviometría se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). El parámetro necesario para el cálculo de caudales de diseño es la precipitación máxima anual durante 24 horas; la estación más cercana al área de estudio es la estación de Urcos

##### Hidrología estadística

Para calcular el caudal máximo de avenida para un período determinado, se toma como referencias las alturas máximas de precipitación que cayeron sobre la microcuenca en los últimos 40 años de observación, datos que han sido obtenidos del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, de la estación de Kayra, que es la más cercana a la microcuenca.

El análisis de frecuencias referido a precipitaciones máximas diarias, tiene la finalidad de estimar precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discontinuos o continuos, cuya estimación de parámetros se ha realizado mediante el Método de Momentos.

Los métodos probabilísticos que mejor se ajustan a valores extremos máximos, utilizados en la formulación del presente estudio son:

- Distribución Log Normal
- Distribución Valor Extremo Tipo I o ley de Gumbel
- Distribución Log – Pearson tipo III

##### Distribución Log Normal

La función de distribución de probabilidades es:

$$p(x \leq xi) = \frac{1}{S\sqrt{(2\Pi)}} \int_{-\infty}^{xi} e^{\left\{-\left(\frac{\ln x}{S}\right)^2 / 2\right\}} dx$$

Donde  $\bar{x}$  y S son los parámetros de la distribución

Si la variable de x de la ecuación (1) se reemplazo por una función y: f(x), tal que y: log(x), la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, N(Y, S<sub>y</sub>). Los valores originales de la variable aleatoria x<sub>i</sub>, deben ser transformados a, y : log x, de tal manera que:

$$\bar{Y} : \sum_{i:1}^n \log x_i / n$$

Donde  $\bar{Y}$  es la medida de los datos de la muestra transformada.

$$S_Y : \sqrt{\frac{\sum_{i:1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

Donde  $S_Y$  es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s : a / S^3 y$$

$$a : \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i:1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde  $C_s$  es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

### Distribución Log Gumbel

La distribución de valores tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) : e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Siendo:

$$\alpha : \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta : \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

$\alpha$ : Parámetro de concentración

$\beta$ : Parámetro de localización

Según Ven Te Chow, la distribución pueden expresarse de la siguiente forma:

$$x : \bar{x} + K\sigma_x$$

Donde:

X: Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$ : Media de la serie

K: Factor de frecuencia

### Distribución Log Pearson tipo III

Esta distribución es una de las series derivadas por Pearson. La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) : \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int e^{-\frac{(\ln x - \delta)}{\alpha}} \left(\frac{\ln x - \delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} dx$$

Asimismo, se tiene las siguientes relaciones adicionales:

$$\mu : \alpha\beta + \delta$$

$$\sigma^2 : \alpha^2\beta$$

$$y : \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

Siendo  $\gamma$  el sesgo.

### Pruebas de bondad del ajuste

En la teoría estadística, las pruebas de bondad del ajuste más conocidas son la  $\chi^2$  y la Kolmoorov – Smirnov. A continuación se describen brevemente.

#### a) PRUEBA $\chi^2$

Esta prueba fue propuesta por Kar Pearson en 1900. Para aplicar la prueba, en la cual el primer paso es dividir los datos en un número K de intervalos de clase.

Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D : \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i$$

Donde:

$\theta_i$  : Es el número observado de eventos en el intervalo  $i$  y  $e_i$  es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

$e_i$  : Se calcula como:

$$e_i = n [F(S_i) - F(I_i)] \quad i: 1, 2, \dots, k$$

Asimismo,  $F(S_i)$  es la función de distribución de probabilidades en el límite superior del intervalo  $F(I_i)$  es la misma función en el límite inferior y  $n$  es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro  $D$  para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución  $\chi^2$  para  $V: K-1-m$  grados de libertad y un nivel de significancia  $\alpha$ , donde  $m$  es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq \chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$$

El valor de  $\chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$ , se obtiene de tablas de la función de distribución  $\chi^2$ . Cabe mencionar que la prueba del  $\chi^2$ , desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y no normal.

#### **b) PRUEBA KOLMOOROV - SMIRNOV**

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia  $D$  entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_0(X_m)$  y la estimada  $F(X_m)$ :

$$D : \max |F_0(x_m) - F(x_m)|$$

Con un valor crítico  $D$  que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (cuadro N° 8). Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de  $\chi^2$ , porque compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) : 1 - m/(n+1)$$

Donde  $m$  es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y  $n$  es el número total de datos.

**Cuadro N° 8**  
**Valores Críticos “D” Prueba Kolgomorov - Smirnov**

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha : 0.10$	$\alpha : 0.05$	$\alpha : 0.01$
5	0.510	0.560	0.670
10	0.370	0.410	0.490
15	0.300	0.340	0.400
20	0.260	0.290	0.350
30	0.220	0.240	0.290
35	0.200	0.220	0.270
40	0.190	0.210	0.250

El ajuste a cada uno de las distribuciones con sus respectivas pruebas de ajuste según Kolmogorov –Smirnov para la Estación Pluviométrica de Kayra se muestra en el Anexo A-2.

Para los cálculos de los ajuste a las distribuciones teóricas la información meteorológica (Precipitación Máxima en 24 horas), se utilizo el software Hidrológico HidroEsta, por su facilidad en el ingreso de los datos y por ser un Software disponible en internet, [mvillon@itcr.ac.cr](mailto:mvillon@itcr.ac.cr)

Luego de realizar las pruebas de ajuste para los seis tipos de distribución de la estación de Caicay se tiene:

Distribución Normal	:	0.1604
Distribución Log normal	:	0.0780
Distribución Gumbel	:	0.0923
Distribución Pearson Tipo III	:	0.0825
Distribución LogGumbel	:	0.0790

- De acuerdo a los valores críticos indicados en el cuadro N° 11 (nivel de significancia 0.05, n: 14)  $\Delta$  Tabular: 0.2074

$$0.078 < 0.079 < 0.092 < 0.160$$

$$\Delta_{\text{máx.}} < \Delta_{\text{Tab}}$$

De lo anterior se puede concluir que puede considerarse cualquiera de las 05 distribuciones debido a que todas presentan márgenes de error menores a lo permitido para una confiabilidad de 95%. Sin embargo, para la estación de Anta se considera la distribución de Log Normal por tener el menor  $\Delta_{\text{máx.}}$  : 0.0535

**CUADRO Nº 9**  
**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL : ESTACION KAYRA**

PERIODO DE RETORNO (TR: EN AÑOS)	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)
5	38.46
10	44.44
25	51.85
50	57.27
100	62.63

La regionalización de la precipitación máxima en 24 horas a la altura media de la mc. Se realizo en función al factor de correlación entre: Precipitación media de la mc (isohietas)/precipitación media de la estación de referencia (registros):

$$F_c = \frac{744.079mm}{726.60mm} : 1.02$$

**CUADRO Nº 10**  
**PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS REGIONALIZADA**

PERIODO DE RETORNO (TR: EN AÑOS)	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) – Fc : 1.11
5	42.30
10	49.30
25	57.60
50	63.60
100	69.20

## Cálculo de la Precipitación Máxima

La estación de lluvia ubicada en la zona, no cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Sin embargo éstas pueden ser calculadas a partir de las lluvias máximas en base al modelo de Dick y Peschke (Guevara, 1991). Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas, y obtener lluvias máximas para diferentes duraciones.

La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (A1)$$

Donde:

$P_d$  = precipitación total (mm)

$d$  = duración en minutos

$P_{24h}$  = precipitación máxima en 24 horas (mm)

Para los diferentes periodos de retorno, los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación A1, se muestra en la siguiente tabla.

**CUADRO Nº 11  
LLUVIAS MAXIMAS –ESTACIÓN DE KAYRA**

TR años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	15	60	120	180	360
25	58.2	13.98	18.40	26.02	30.95	34.25	40.73
50	63.60	15.44	20.32	28.73	34.17	37.82	44.97
100	69.20	16.80	22.11	31.26	37.18	41.15	48.93

### 4.3.5 Métodos De Estimación De Las Avenidas Máximas

Para la determinación de descargas máximas en las cuencas mayores, donde aparecen efectos de difusión, que atenúan el caudal pico, se aplica:

#### Método Hidrológico – Histograma Unitario

Este método se usó para cuencas con tiempo de concentración mayor a 6 minutos, el cálculo se efectuó usando el Software HEC – HMS – Hydrologic Modeling System Versión 3.2, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos donde se utilizó las siguientes opciones:

### Cálculo del tiempo de concentración

Para calcular el tiempo de concentración, nos remitimos al cuadro N° 12 donde se indica:

La superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

La longitud del cauce principal en Km.

Cota máxima de la cuenca msnm.

Cota mínima en la zona de interés msnm.

El tiempo de concentración fue calculado mediante las fórmulas de Temez y Giandotti.

- **Fórmula de Temez**

$$t = 0.3 * \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

S : pendiente (Adim.)

L: Longitud del cauce principal

- **Fórmula de Kirpich**

$$T_c = \left( \frac{0.87L^3}{\Delta h} \right)^{0.385}$$

Donde:

Tc : Tiempo de concentración

L: Longitud del cauce principal (Km)

Δh: Desnivel del cauce principal

El siguiente cuadro, muestra los cálculos realizados:

**Cuadro N° 12**  
**Tiempo de Concentración**

MC.	PARTEAGUAS	DESEMBOCADURA	LONGITUD (Km.)	TIEMPO DE CONCENTRACION		
	Altitud (m.s.n.m.)	Altitud (m.s.n.m.)		Kirpich (horas)	Temez (horas)	Promedio (horas)
QDA. LUCRE	4300	3000	15.0	1.37	1.01	1.19

Calculo del tiempo de retardo (Lag Time)

El Lag Time:  $0.6 T_c$

Lag Time:  $0.6 * 1.19 \text{ hora} * (60 \text{ min/hora})$ : 43.0 min

Para el modelo SCS o número de curva, se necesita conocer básicamente el tipo de cobertura que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que poseen.

De acuerdo al US Soil Conservation Service, el escurrimiento superficial acumulado Q en mm (equivalente a la lluvia en exceso Pex), tiene la siguiente expresión:

$$Q = P_{ex} = \frac{P_e^2}{P_e + S} \quad (1)$$

Siendo 'S' la infiltración potencial (mm) estimada en función al denominado número de curva 'N'.

$$S = \frac{25400}{N} - 254 \quad (2)$$

'Pe' es la denominada precipitación en exceso acumulada e igual a:

$$4.2.6.3 \quad P_e = P - I_a \quad (3)$$

Donde 'P' es la lluvia acumulada en mm y 'Ia' es la abstracción inicial estimada como  $I_a = 0.20 S$ .

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en (1), tenemos la siguiente expresión:

$$Q = P_{ex} = \frac{\left( P - \frac{5080}{N} + 50.8 \right)^2}{\left( P + \frac{20320}{N} - 203.2 \right)} \quad (4)$$

En las expresiones anteriores N es el número de la curva de escurrimiento del complejo hidrológico suelo – cobertura adimensional; P y Pex están expresados en mm.

Para calcular el valor de N, se debe tener en cuenta el grupo de suelo hidrológico:

- **Grupo A:** (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.
- **Grupo B:** Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
- **Grupo C:** Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
- **Grupo D:** (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

El siguiente cuadro, muestra los números de curva para condiciones variadas de humedad promedio.

**Cuadro Nº 13**  
**Numero De La Curva De Escurrimiento Para Condiciones Variadas De Humedad Promedio**

USO DE LA TIERRA Y COBERTURA	TRATAMIENTO DEL SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO en %	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivo en surco	Surcos rectos	>1	72	81	88	91
	Surcos rectos	<1	67	78	85	89
	Contorneo	>1	70	79	84	88
	Contorneo	<1	65	75	82	86
	Terrazas	>1	66	74	80	82
	Terrazas	<1	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	>1	65	76	84	88
	Surcos rectos	<1	63	75	83	87
	Contorneo	>1	63	74	82	85
	Contorneo	<1	61	73	81	84
	Terrazas	>1	61	72	79	82
	Terrazas	<1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	>1	66	77	85	89
	Surcos rectos	<1	58	72	81	85
	Contorneo	>1	64	75	83	85
	Contorneo	<1	55	69	78	83
	Terrazas	>1	63	73	80	83
	Terrazas	<1	51	67	76	80

USO DE LA TIERRA Y COBERTURA	TRATAMIENTO DEL SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO en %	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Pastizales	Contorneo Contorneo	>1	68	79	86	89
		<1	39	61	74	80
		>1	47	67	81	88
		<1	6	35	70	79
Pradera permanente		<1	30	58	71	78
Bosques naturales						
Muy ralo			56	75	86	91
Ralo			46	68	78	84
Normal			36	60	70	77
Espeso			26	52	62	69
Muy Espeso			15	44	54	61
Caminos						
De terracería			72	82	87	89
Con superficie dura			74	84	90	92

Fuente: Aparicio Francisco.-Fundamentos de Hidrología de Superficie

Para la determinación del valor de CN, de la microcuenca, se tomando los valores de CN del cuadro N° 14, y al tipo de suelo hidrológico se determino un CN, ponderado para la microcuenca, la misma que se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 14**  
**Numero De Curva "N"**

UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL	DENSIDAD	ALTURA VEGETAL	AREA (Has)	TIPO DE SUELO	N° DE CURVA	PONDERADO	N
<b>LUCRE</b>							
Áreas con intervención antrópica	-	-	2,107.28	B	94	198083.869	
Humedales andinos	Denso	Muy bajo	166.48	D	92	15315.8623	
Matorral sub húmedo de valles interandinos	Semi denso	Muy bajo	2,044.91	C	73	149278.223	
Pastizal y Césped de puna	Denso	Muy bajo	5,192.91	B	69	358310.499	
Bosques de valles interandinos	Denso	Bajo	203.10	B	70	14,217.28	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>9,714.67</b>			<b>735205.733</b>	<b>76</b>

### Determinación de la perdida inicial

Determinación de la infiltración usando el método de la Curva Numérica (CN) del Soil Conservación Service, NRCS (Servicio de Conservación Recursos naturales de los estados Unidos, e SCS). Este método conceptual establece que la cuenca tiene una determinada capacidad de almacenamiento de lluvia acumulada. El número de curva, CN, describe la capacidad de infiltración del suelo en base al tipo hidrológico del suelo y el tipo de cobertura vegetal. [Ecuación 5.6, pág.41 Technical Reference Manual]

$$\text{Pérdida inicial} = 0.20 (25400 - 254 * \text{CN}) / \text{CN}$$

$$\text{Pérdida inicial} = 0.20 (25400 - 254 * 76) / 76: 16.0 \text{ mm}$$

Para la estimación del hidrograma de avenida, utilizaremos como apoyo el modelo hidrológico HEC – HMS. La razón por la cual hemos elegido este software es debido a que se trata de un programa de uso libre y reconocido en otras partes del mundo. Además el ingreso de datos es sencillo y muy fácil de interpretar.

Para el cálculo del hidrograma se empleara la precipitación máxima obtenida a partir de la precipitación máxima en 24 horas, las mismas que fueron halladas en ítem hidrología estadística.

Para el inicio del moldeamiento con el software mencionado se requiere la especificación de 3 conjuntos de datos:

- Modelo de cuenca
- Modelo Meteorológico
- Especificaciones de control

### Modelo de cuenca

Contiene los parámetros de los elementos hidrológicos como por ejemplo: subcuencas, tramo de cauce, convergencias, reservorios, fuentes y sumideros.

El primer paso es dibujar el esquema hidrográfico a simular. Los elementos utilizados para definir nuestra microcuenca son: Subcuenca (subbasin), cauce (reach) y la confluencia (jucción).

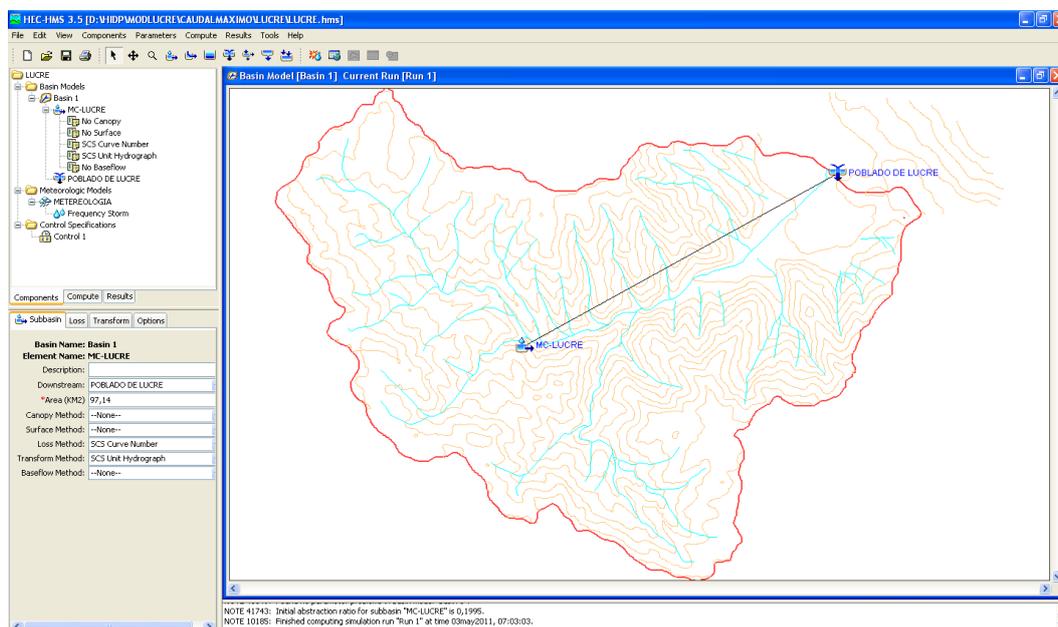


Figura 1: Modelo de la Cuenca

Como datos adicionales debemos completar las características de la cuenca y la metodología de análisis para el cálculo del hidrograma.

Se utiliza el método SCS para abstracciones, para estimar la pérdida inicial, debido a que depende solo de una variable CN. La pérdida inicial (mm). Es igual a **0.20 (25400-254 CN)/CN**. El valor de pérdida inicial en el HEC-HMS se calcula por defecto para el método de SCS.

Adicionalmente emplearemos el hidrograma unitario a dimensional de SCS, para el cálculo del hidrograma sintético cuyo dato de entrada depende del tiempo de retardo (T lag) calculado en el ítem Cálculo del Tiempo de Concentración. Además, no se considera flujo base.

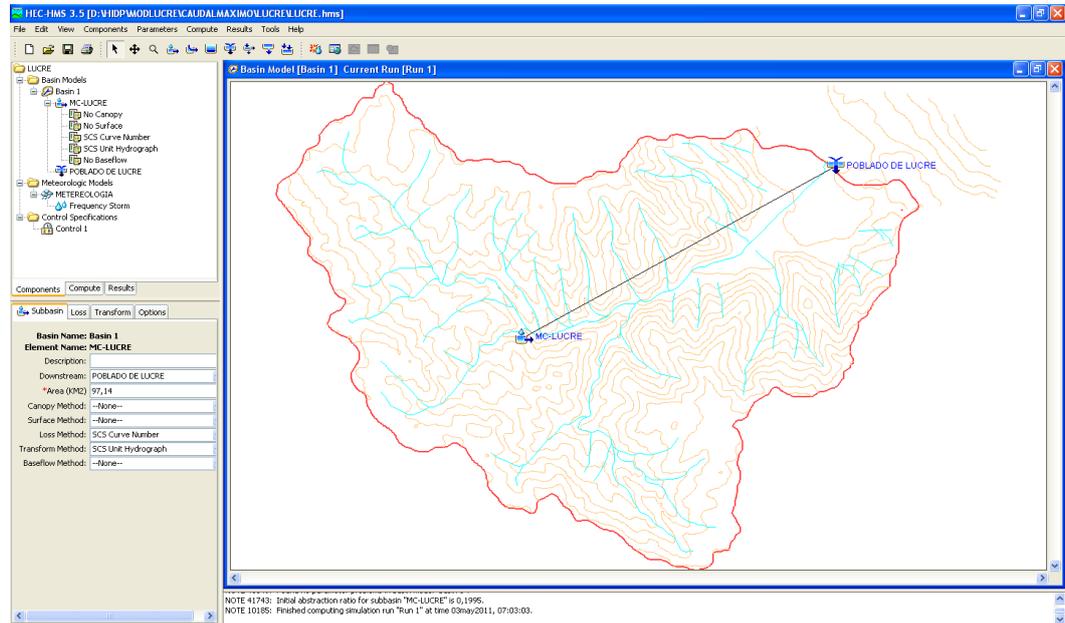


Figura 2: Método SCS

### Modelo meteorológico

El modelo meteorológico consiste en definir la tormenta de diseño utilizada en la simulación del proceso precipitación – escorrentía, para nuestra microcuenca.

Finalmente el dato requerido es solamente la precipitación máxima de 24 horas calculada en el ítem Hidrología Estadística. Esta precipitación para nuestro caso, es la precipitación para la celda concentrada igual a 69.20 mm, para un TR: 100 años

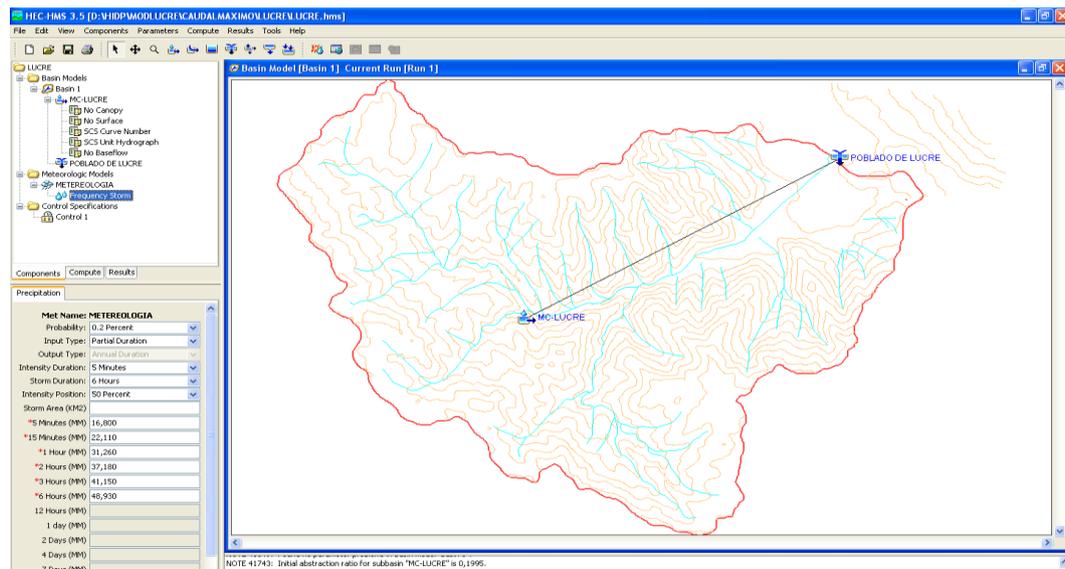


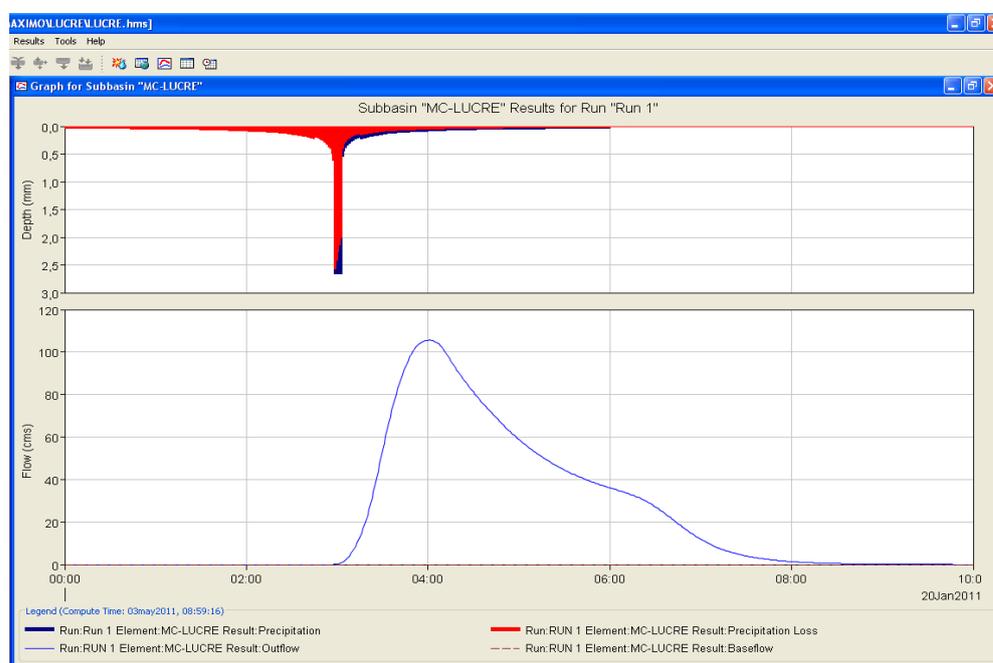
Figura 3: Modelo Meteorológico

## Especificaciones De Control

En esta parte del modelo se ingresa el tiempo de simulación para el hidrograma y el intervalo de tiempo ( $d_t$ ) o el nivel de discretización. Por regla general, el nivel de discretización ( $d_t$ ) debe ser menor a 1/3 del tiempo de retardo. Para nuestro caso con un tiempo de retardo de 1.2 horas, se obtiene un intervalo de tiempo de 1 minuto.

Con este conjunto de datos, el modelo hidrológico HEC – HMS procede a calcular el hidrograma de avenida (ver figura 4). Este hidrograma presenta un caudal pico de  $106 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondiente a una precipitación máxima en 24 horas de 73.09 mm. La distribución de los hidrogramas en función del tiempo se presenta a continuación:

Figura 4: Histograma liquido para el Río de Lucre- TR: 100 años - Q: 106.0/s



### 4.3.6 Modelamiento Hidráulico De La Quebrada Con El –Hec Ras

Para estimar el tirante de la quebrada para el paso del caudal máximo extraordinario se realizó una simulación del flujo en un tramo de 100m aguas arriba del centro poblado y 100 m aguas abajo, utilizándose para ello el plano topográfico disponible con curvas a nivel de 1 m.

Para la realización del modelamiento del flujo se utilizó el Software HEC RAS (simulación de ríos). Que requiere como información base lo siguiente:

1. Secciones transversales del cauce cada 25m
2. Coeficiente de Manning
3. Pendiente del cauce
4. Condiciones del flujo (flujo normal)

### Secciones transversales del cauce

En los trabajos de campo realizados en el mes de abril del presente año, se realizó un levantamiento topográfico de la quebrada a detalle en un tramo de 600m aguas arriba del centro poblado y 600m aguas abajo, tomando en cuenta el catastro urbano del distrito; obteniéndose un plano con curvas cada 0.5m.

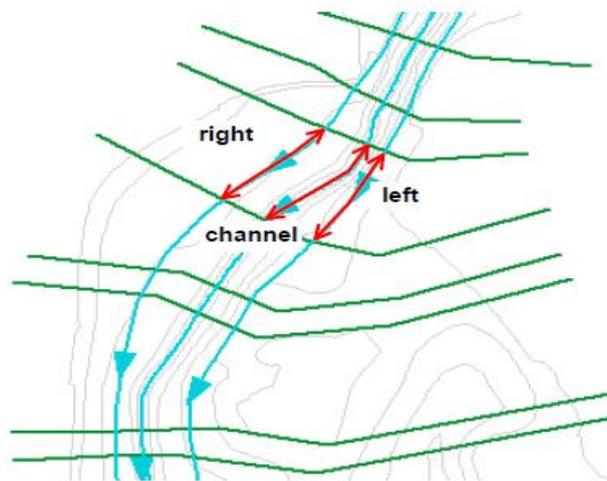
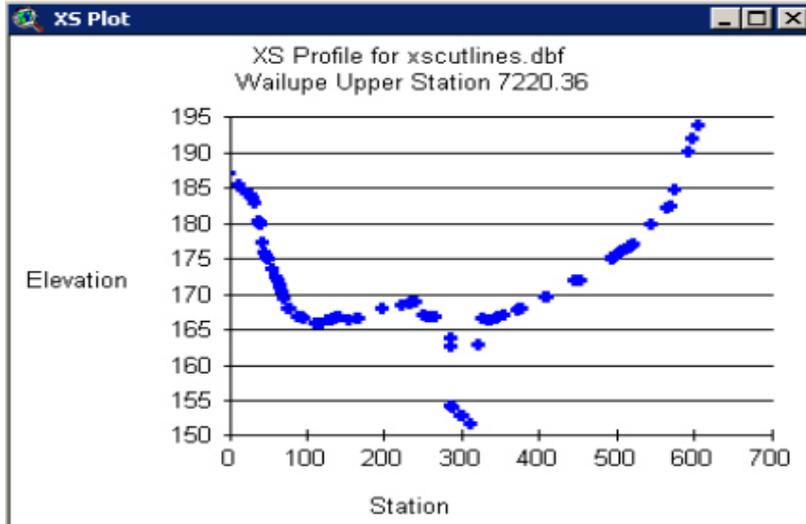


Figura 5: Sección transversal

### Coefficiente de Manning

Reconociendo varios factores primarios que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan [32] desarrolló un procedimiento para estimar el valor de n, por este procedimiento, el valor n se puede calcular por.

$$n = (n_0+n_1+n_2+n_3+n_4) xm^5$$

En donde n<sub>0</sub> es un valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales comprendidos, n<sub>1</sub> es un valor agregado a n<sub>0</sub> para corregir el efecto de irregularidades de superficies, n<sub>2</sub> es un valor para las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal, n<sub>3</sub> es un valor de corrección de obstrucción, n<sub>4</sub> es un valor para la vegetación y condiciones del flujo, y m<sub>5</sub> es un factor de corrección para los meandros del canal, valores adecuados de n<sub>0</sub> a n<sub>4</sub> y m<sub>5</sub> se puede seleccionar del cuadro siguiente de acuerdo a las condiciones dadas:

CUADRO N° 15 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA EL CAUCE PRINCIPAL

CONDICIONES DE CANAL		VALORES	
Material Considerado	Grava fina	n <sub>0</sub>	0.024
Grado de irregularidad	Leve	n <sub>1</sub>	0.005
Variación de las secciones transversal del canal	Ocasionalmente alternante	n <sub>2</sub>	0.005
Efectivo relativo de obstrucción	Despreciables	n <sub>3</sub>	0.001
Vegetación	Baja	n <sub>4</sub>	0.005
Cantidad de meandros	Menor	m <sub>5</sub>	1.000
<b>N</b>			<b>0.040</b>

Fuente: Ven Te Chow, pag 107

CUADRO N° 16 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA ZONA DE INUNDACIÓN

CONDICIONES DE CANAL		VALORES	
Material Considerado	Grava fina	n <sub>0</sub>	0.024
Grado de irregularidad	Severo	n <sub>1</sub>	0.020
Variación de las secciones transversal del canal	Frecuentemente alternante	n <sub>2</sub>	0.015
Efectivo relativo de obstrucción	Apreciable	n <sub>3</sub>	0.030
Vegetación	Media	n <sub>4</sub>	0.025
Cantidad de meandros	Menor	m <sub>5</sub>	1.000
<b>N</b>			<b>0.114</b>

Fuente: Ven Te Chow, pag 107

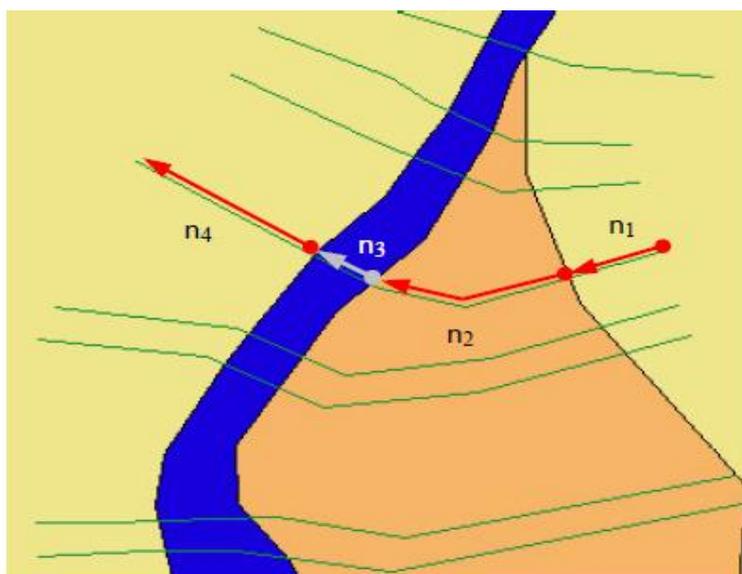


Figura 6: Valor de “n”- para cada zona

### Pendiente del cauce

Para la condición de contorno se tomará (Tirante normal), puesto que se pueden estimar las pendientes de fondo de los tramos, que están en los extremos, conociendo sus cotas mínimas de las secciones y las distancias entre esos tramos, que para este caso es 25m., La formula a utilizar para el cálculo de la pendiente , es:

- Primer tramo aguas arriba:  
Cota min sección<sub>48</sub>: 3138.00 m.s.n.m  
Cota min sección<sub>47</sub>: 3137.50 m.s.n.m

$$S: \frac{3138.00 - 3137.50}{25} : 0.02$$

- Último tramo aguas abajo:

Cota min sección<sub>02</sub>: 3101.27  
Cota min sección<sub>01</sub>: 3101.00

$$S: \frac{3101.27 - 3101.00}{25} : 0.01$$

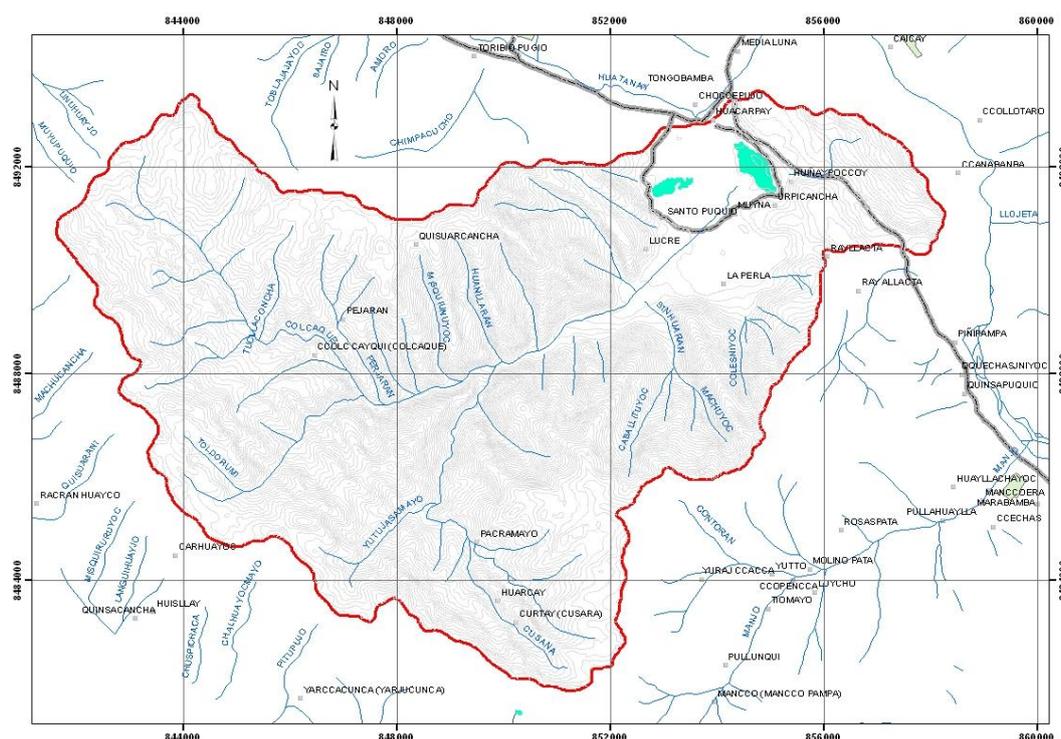
Ambas pendientes 0.02 y 0.01, son pequeñas, por lo que se debe producir un flujo subcrítico.

## Condiciones del flujo

Como no conocemos el tipo de régimen, consideramos un régimen mixto, por lo que las condiciones de contorno se necesitan tanto en el extremo de aguas arriba (Upstream) como en el extremo de aguas abajo (Downstream), para ambas condiciones de contorno se tomará (Normal Depth- tirante normal), para la cual se halló las pendientes en el ítem Pendiente del Cauce.

El método que emplea para determinar las características del flujo en cada sección a lo largo del cauce es mediante la ecuación de la energía.

Los resultados se muestran en el Mapa de Áreas de Inundación **Mapa N° 07**



### 4.3.7 Peligros Hidrológicos

Los fenómenos de origen climático-hidrológico de incidencia en la microcuenca de Lucre, se presentan en las laderas de la parte alta de la microcuenca y en el piso de valle donde se asienta el centro poblado Lucre.

Generalmente se tiende a subestimar los fenómenos de origen climático que puede afectar a una determinada zona y, por lo general, este aspecto no es considerado durante el proceso de planificación del desarrollo local, en razón de que el río se encuentra encauzado, pero que los cálculos de lluvias excepcionales pueden pasar la capacidad de encauzamiento y por lo tanto causar inundaciones con lamentables consecuencias ya que a todo lo largo de la microcuenca, se ubican terrenos agrícolas y a la salida de la misma el centro poblado de Lucre.

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

### **Inundaciones**

Es el desplazamiento de las aguas de los ríos y quebradas que al sobrepasar su capacidad normal de cauce, inunda los terrenos adyacentes. Las causas son las intensas precipitaciones pluviales que pueden producir desembalse de las Lagunas Huacarpay y llegada de flujos aluvionales de la quebrada Lucre hacia la ciudad de Lucre y desbordes del río Huatanay.



Problemas de desbordes del río Huatanay en la ciudad de Huacarpay.

#### **4.3.9 Mapa de Peligros Hidrológicos**

La zonificación de peligros hidroclimáticos, se realiza en función al área de afectación de la ciudad por el desborde del río Lucre y Huatanay, que son los colectores principales en el área de estudio y que durante época de lluvias transporta una cantidad importante de aguas pluviales y sedimentos, que ocasionaron desbordes en la ciudad de Lucre y Huacarpay.

#### **Mapa N° 08**



Familias damnificadas de Huacarpay y Lucre por desbordes del río Lucre y Huatanay.



Desde el punto de vista del peligro, los bordes marginales del área lagunar son vulnerables a desbordes e inundaciones consecuentes afectaciones en Huacarpay, en los trabajos de campo realizados recientemente, se han reconocido las áreas de inundaciones lo que nos ha permitido realizar una zonificación determinando áreas con peligro muy alto a inundaciones en Lucre y Huacarpay.

### **Peligro Hidrológico Muy Alto**

Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundación, en este caso se considera toda la ribera del río Lucre hasta su desembocadura en las lagunas Huacarpay a ambos márgenes con niveles topográficos bajos respecto al thalweg o estrangulamiento del cauce dentro de la ciudad. Las zonas ubicadas en la ruta de desagüe de las Lagunas durante lluvias intensas que producen su desbordamiento pudiendo afectar gravemente las viviendas aledañas al flujo de agua.

#### **4.4. Geotecnia del Área De Estudio**

##### **Marco Normativo.-**

Los ensayos de mecánica de suelos se han realizado en conformidad con el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, Manual de ensayos de materiales EM 2000 PERT-MTC, Normas de distintas entidades como ASTM, AASTHO, Manual para el desarrollo de las ciudades sostenibles, Ed. PNUD 2008.

El Informe contiene los resultados de los ensayos in-situ practicados en las excavaciones, los resultados de los ensayos de laboratorio, el cálculo de la capacidad portante, el cálculo de los asentamientos, así como las conclusiones y recomendaciones.

No se dispone de información de estudios Geotécnicos y de mecánica de suelos, previamente realizados en los lugares evaluados.

##### **Ubicación.-**

El proyecto se ubica en el distrito de LUCRE, Provincia de QUISPICANCHI, región del CUSCO, en la microcuenca Lucre, y río Huatanay.

##### **Accesibilidad.-**

El acceso desde la ciudad del Cusco es de 35 Kms. En dirección Noroeste-Sureste, Vía asfaltada (corredor Interoceánica tramo I) Cusco-Urcos-Pto. Maldonado hasta el cruce y desvío a Lucre.

##### **Base Topográfica Empleada.-**

- Plano Levantamiento Topográfico de la zona esc. 1:5,000.
- Plano Geología cuadrángulo Cusco INGEMMET edic. 1(2543) 28-s Escala 1:100,000.

##### **Método y Duración Del Trabajo De Campo**

El trabajo ha sido subdividido en tres partes:

- i).- Recopilación de datos y de trabajos anteriores del lugar, coordinaciones y reuniones de trabajo con las autoridades comunales y municipales de la provincia de Quispicanchi.
- ii).- Trabajos de campo, investigación geotécnica zonificación y mapeo de superficie, apertura de calicatas, muestreo y codificación de secuencias estratigráficas, utilizando equipos como wincha, brújula y otras. También se utilizó los cortes naturales apertura de cimentaciones para construcciones y trincheras.
- iii).- Procesamiento de datos de campo, análisis y ensayos en laboratorio (ILAMESCP – Cusco), preparación de planos y otros trabajos de gabinete, elaboración de informes.

#### 4.4.1. Trabajos realizados

##### 4.4.1.1 Investigaciones de campo

##### **Excavaciones manuales** (Norma técnica ASTM D 420)

En la zona de estudio después de una Zonificación Geotécnica de superficie previa de los suelos, se ubicaron a nivel de cuenca y a nivel urbano local y la apertura de calicatas.

Las calicatas o trincheras son excavaciones a cielo abierto, hasta profundidades deseadas tomando las precauciones necesarias para evitar derrumbes y desprendimientos de material suelto, para la excavación se utilizó herramientas manuales y en otras equipos retroexcavadores. **Mapa Nº 09**

En el radio urbano de la localidad de Lucre-Huacarpay, se han ubicado cuatro calicatas cuyas características se indican a continuación:

**Cuadro Nº 17**

**Calicatas**

Denominación Calicata Nro.	Ubicación	Profundidad (m.)
Lu Ca-1 M1	Lucre	-2.10
Lu Ca-2 M2	Lucre	-1.80
Lu Ca-3 M3	Lucre	-1.50
Lu Ca-4 M4	Lucre-Huacarpay	-1.65

##### **Muestreo, transporte y tipo de muestra** (Norma técnica ASTM D 420)

Se han obtenido muestras representativas del suelo, identificando los diferentes estratos, con registros de las profundidades y espesores, Determinación del nivel freático y del material de fundación.

A fin de determinar los parámetros característicos de los suelos se tomaron muestras alteradas en bolsa (Mab), de los diferentes estratos, en todas las calicatas abiertas a cotas recomendadas, debidamente codificadas y transportadas al laboratorio LAMESCP

##### **Trabajos y ensayos geotécnicos de campo**

Con la finalidad de determinar las características del suelo de fundación, así como los parámetros de comportamiento mecánico, se realizaron los siguientes ensayos in-situ:

- |  |                    |
|--|--------------------|
| +Toma de muestras alteradas en bolsa (Mab), conservación y transporte: | ASTMD 420,4220.    |
| +Toma de muestras alteradas en lata (Maw) contenido de agua:           | ASTM D 2216        |
| + Perfiles stratigráficos de las calicatas:                            | ATM D – 2488,2487. |
| + Densidad Natural (Volumetro Eley) – Cono de arena:                   | ASTM D-1558        |
| + Ensayo de penetración dinámica de cono (PDL):                        | DIN 4094           |
| + Registro Fotográfico   |                    |

Los parámetros de comportamiento mecánico fueron determinados a partir de los siguientes ensayos in-situ (en campo área proyecto).

Densidad de Campo o Natural ( Volumetro ELEY).-

Se usa para determinar el peso unitario natural del suelo (Densidad natural grs/cm<sup>3</sup>), se ha verificado de acuerdo a la norma ASTM D-1558, utilizando el equipo ELEY, que proporciona una medida rápida del volumen del suelo, cuyas especificaciones son las siguientes:

Volumetro Eley:

Construcción	Acero inoxidable	
Cilindro	Calibrado en función del volumen	
Volumen del pistón	Marcado de 0.00 a 30.00 cm <sup>3</sup>	
Peso	0.279 kgrs	

Las pruebas de campo arrojan los siguientes resultados:

**Cuadro N° 18 Densidad de campo LUCRE**

<b>CALICATA Nro.</b>	<b>Profundidad Ensayo (m.)</b>	<b>Densidad Húmeda Natural (grs/cm<sup>3</sup>.)</b>	<b>Humedad %</b>
Lu Ca-1 M1	-2.10	1.987	7.7
Lu Ca-2 M2	-1.80	1.991	12.9
Lu Ca-3 M3	-1.50	1.855	4.7
Lu Ca-4 M4	-1.65	1.855	11.4

Auscultación Dinámica con el cono Tipo Peck (PDL).-

Para la evaluación del SUB SUELO, en el campo, se ha complementado con ensayos de penetración dinámica de cono Peck (PDC), para obtener la resistencia in situ al corte ( $\Phi$ ), ángulo de fricción del sub suelo. Por ser suelos granulares, friccionantes heterométricos, no es posible obtener muestras inalteradas para los ensayos de corte directo.

El ensayo de auscultación con cono dinámico consiste en la introducción en forma continua de una punta cónica en el suelo correlacionando con el Ensayo de penetración estándar SPT, ASTM D 1586, en el que reemplaza la cuchara estándar por un cono de 60° de Angulo en la punta. Este cono se hinca en forma continua en el suelo, el registro de la auscultación se efectúa contando el número de golpes para introducir cada 10 cm. Donde el resultado se representa en forma grafica indicando el número de golpes por cada 30 cm. El cono PDL se calibra previamente, para obtener el parámetro de coeficiente de correlación:

Donde:  $N' = \beta Cn$

N : Numero de golpes por 30 cm. de penetración. (SPT)

$\beta$ : Coeficiente de correlación.

Cn : Numero de golpes por 30 cm. de penetración con el PDL.

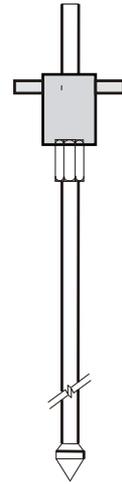


Fig. 7: Ensayo de auscultación dinámica de cono (PDL)

Factores de correlación de PDL, SPT.-

Por la formula Holandesa para la energía de hinca:

$$Q = M^2 H / e (m+p) A.$$

Donde:

Q : Energía de hinca.

M : Peso del martillo (kg.)

H : altura de caída del martillo (cm).

E : ah/N

P: Peso del varillaje.

A: Sección de la punta (cm<sup>2</sup>).

**Cuadro N° 19: Valores de correlación entre PDL y SPT.**

	PDL	SPT
M	7.125 kg.	63.5 kg
H	50 cm.	76.0
P	2.250 kg/m.	6.52
A	1.290 cm <sup>2</sup> . $\phi$ 1/2"	11.40

Factores de corrección:

Penetración cm.	15	30
1ro de golpes SPT (N)	0.316	0.158

Relaciones entre N, Dr., CV,  $\phi$ .

$$Dr = 0.316 \ln N - 0.022\gamma t + 0.392 \pm 0.067$$

De El penetrómetro y el reconocimiento de los suelos G. Sanglerat, Serv. Pub. Minist. Obras Publicas México. Pág. 196.\*

Por este método se ha encontrado suelos con valores de  $\Phi$ , variables, auscultados desde -1.00m de profundidad medidos desde la superficie hasta una profundidad de -2.00m. Obteniéndose el siguiente resultado:

**Cuadro N° 20 Valores del ángulo de fricción obtenida en campo ( $\Phi$ ):**

Calicata	Profundidad del ensayo (m.)	Nro. de golpes/30cm.		$(\Phi)$	
		DE	A	DE	A
Lu Ca-1 M1	0.00 – 1.70	14.1	16.4	26.4	
Lu Ca-2 M3	0.00 – 2.15	11.5	39.5	25.7	
Lu Ca-3 M4	0.00 – 1.95	11.1	17.8	24.8	

COMPACIDAD	Nro de GOLPES
Muy suelto	<4
Suelto	4-10
Moderadamente Denso	10-30
Denso	30-50
Muy Denso	>50

#### 4.4.1.2 Ensayos de Laboratorio

##### Plan de ensayos

Con las muestras alteradas extraídas de las exploraciones de acuerdo con el plan y las normas con las especificaciones técnicas se corrieron los siguientes ensayos de laboratorio:

- + Obtención de muestras representativas (cuarteo) (NTP 339.089)
- + Contenido de Humedad Natural.- (ASTM D 2216)
- + Análisis Granulométrico.- (ASTM D 422)
- + Peso específico de los sólidos.- (ASTM D 854)
- + Límites de consistencia (líquido y plástico).- (ASTM D4318)
- + Ensayo de compactación proctor modificado.- (ASTM D 1557)
- + Densidad Mínima.- (ASTM D 4254)
- + Densidad Relativa.- (ASTM D4253)
- + Sales solubles totales en el suelo.- (BS 1377 P3)

#### 4.4.1.3 Trabajos de Gabinete

##### Contenido de Humedad.-

Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

$$w(\%) = W_w * 100 / W_s$$

W w = Peso del agua en la muestra.

W s = Peso del suelo seco.

### Límites de Atterberg.-

\_ Límite líquido. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

\_ Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.



### Análisis Granulométrico.-

Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, determina los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el de 75µm (malla Nro.200), utilizando tamices de malla cuadrada la de 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", Nro.4, Nro10, Nro20, Nro 40, Nro100.

Tamiz	Abertura	Wire (gr)	% ret	% acum. pasa
3"	75.0	45		
2"	50.0	30		
1 1/2"	37.5	12		
1"	25.0	41		
3/4"	19.0	36		
3/8"	12.5	25		
3/8"	9.5	14		
1/2"	6.3	18		
Nº4	4.75	16		
Nº10	2.0	42		
Nº20	0.850	19		
Nº40	0.425	34		
Nº60	0.250	32		
Nº80	0.180	19		
Nº100	0.150	21		
Nº200	0.075	33		

### Gravedad específica de los suelos (peso específico).- ASTM D-854, AASHTO T-100.

Este ensayo se utiliza para determinar el peso específico de los suelos por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas mayores que el tamiz de 2.38 mm (Nº 8), deberá seguirse el método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso, cuando el suelo está compuesto por partículas mayores y menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº 8), se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción. El valor del peso específico para el suelo será el promedio ponderado de los dos valores así obtenidos. Cuando el valor del peso específico sea utilizado en cálculos relacionados con la porción hidrométrica del análisis granulométrico de suelos, debe determinarse el peso específico de la porción de suelo que pasa el tamiz de 2.00 mm (Nº 10) de acuerdo con el método que se describe en la presente norma.

### Densidad relativa.-

La definición de la compacidad relativa (o densidad relativa) implica comparar la densidad del suelo respecto de sus estados más denso y más suelto posible. Eso se logra comparando las relaciones de vacío como en la fórmula.

$$Dr = \left( \frac{D_{nat}}{D_{rat}} \right) \times \left( \frac{D_{nat} - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \right) \times 100$$

A) % DE FINOS ES MAYOR A 5%:  $\Phi = 25 + 0,15Dr$

**Cuadro N° 21 DENSIDADES**

Calicata Nro	Densidad Natural Grs/cm <sup>3</sup>	Angulo de Fricción $\Phi^\circ$
Lu Ca-1 M1	1.987	26.4
Lu Ca-2 M3	1.855	25.7
Lu Ca-3 M4	1.855	24.8

### Nivel de Agua Subterránea

Durante las excavaciones de las calicatas y vistos algunos cortes no se observa presencia de agua hasta la profundidad final de las excavaciones (-2.00 m), estas mediciones corresponden a los meses de Diciembre (2010) y Enero (2011).

### Agresividad del Suelo

De acuerdo con los resultados del análisis de suelo se han encontrado niveles de Sales solubles ( % 0.32) y la presencia de sulfatos en 0.15 %.

### 4.4.2. Análisis Geotécnico

Las condiciones de estabilidad de diseño de la cimentación están dadas por el cálculo de la capacidad de carga, los parámetros mecánicos se han obtenido de los ensayos en campo Densidad In Situ y Auscultación dinámica cono de Peck, recalculando con la Densidad relativa.

#### 4.4.2.1 Clasificación de Suelos SUCS

De acuerdo con la norma E 050 del RNC en actual vigencia se utilizado con simbología referencial el cuadro siguiente: **Mapa N° 10**

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."**

DIVISIONES PRINCIPALES		Simbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 200 (0,075 mm)	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$< 5\% \rightarrow$ GW, GP, SW, SP. $> 12\% \rightarrow$ GM, GC, SM, SC. Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
		Limos y arcillas:	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
Limite líquido menor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
Limos y arcillas:	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			



**Cuadro N° 22 Resumen De Resultados: Lucre**

	Ca-1	Ca-2	Ca-3	Ca-4
	M1	M2	M3	M4
Humedad %	7.7	12.9	4.7	11.4
Granulometría % pasa Nro. 4	43.7	49.0	100	100
Granulometría % pasa Nro. 200	11.5	15.4	50	52.5
Limite Liquido	25.35	26.5	29.22	30.05
Índice de plasticidad	6.39	7.13	7.92	11.57

Densidad natural gr/cm3.	1.987	1.991	1.855	1.855
Peso específico	2.525	2.529	2.499	2.499
Clasif. SUCS ASTM 2487	GP-GC	GC	CL	CL

### Zonificación Geotécnica (Capacidad Portante de Suelos)

#### Cálculo de Capacidad Portante

La capacidad portante por corte fue calculada haciendo uso de la siguiente expresión:

$$q_u = S_u N_c S_c + \gamma_{nat} D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Donde

$q_u$  : capacidad de carga  $S_u$  : Resistencia al esfuerzo cortante (cohesión)  $\gamma_{nat}$  : densidad natural del suelo  
 $D_f$  : profundidad de desplante  $B$  : ancho de la cimentación  $N_c, N_\gamma, N_q$  : factores de carga

$$N_q = \frac{e^{0.75\pi - \phi/2} \tan\phi}{2 \cos^2 \left( 45 + \phi/2 \right)}$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

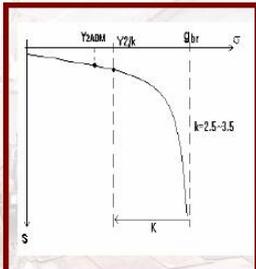
$$N_c = \left( N_q - 1 \right) \cot \phi$$

$S_c, S_\gamma$  : factores de corrección de forma y profundidad

La capacidad admisible de carga es calculada como:

### CAPACIDAD DE CARGA

- La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo.
- En suelos cohesivos ( $\phi^0=0$ )
- Para cargas estáticas:  $k=3$
- Con sismo o viento  $k=2,5$  (la más desfavorable)



$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

$q_{adm}$  : capacidad admisible de carga      F.S.: factor de seguridad acápite 3.3 a) Norma E050.

### Valores obtenidos de la Capacidad Portante.-

Los resultados de capacidad portante se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 23**  
**Cálculo de Capacidad Portante**

UBICACIÓN / Calicata		Lucre M1 Sector Yanamanchi	Lucre M3 Qda. Sinhuaran	Huacarpay M4 Huacarpay
Tipo de cimentación:				
Profundidad admitida (mínima)	(m)	-1.00	-1.00	-1.00
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.987	1.987	1.964
Resistencia Al Esfuerzo Cortante	$S_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-
Angulo De Fricción Interna xPDL	$\phi$	26.4°	25.7°	24.8°
Factores de Carga	$N_c$	27.92	26.48	24.77
	$N_q$	14.86	13.74	12.44
	$N_y$	13.51	12.31	110.93
Ancho de la Cimentación (mínima)	(m)	1.00	1.00	1.00
$q_u$	(kg/cm <sup>2</sup> )	3.8122	3.5145	2.6612
$q_{adm} = (S_u N_c S_c + \gamma \cdot N_q S_q) \cdot \gamma$	(kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1.271</b>	<b>1.172</b>	<b>0.887</b>
Tipo de suelo: (SUCS)		GP-GC	CL	CL

Profundidad de cimentación: -1.00 m.

### Zonificación Geotécnica por la Capacidad Portante de los suelos.-

En el radio Urbano de la localidad de Lucre, los suelos son Fluvio aluvionales de grava arcillosa y grava mal graduada, lacustres en Huacarpay, lagunas y humedales así como la zona rural agrícola conformados por arcilla inorgánica de baja plasticidad, las laderas y colinas medias y altas están conformadas por roca: **Mapa N° 11**

- Suelos GC, Son suelos de grava arcillosa, que ocupan los pies de ladera de las colinas bajas del entorno urbano y rural de Lucre. Con  $Q_{adm}$ . De 1.3 Kgs/cm<sup>2</sup>.

- Suelos CL, suelos de arcilla inorgánica de origen lacustres, existen en toda el área urbana de Huacarpay, humedales y lagunas, suelos de la presión lagunar de Huacarpay y zona agrícola baja capacidad 0.88 Kgs/cm<sup>2</sup>.
- Suelos GP-GC, suelos de grava mal graduada y grava arcillosa del cono deyectivo de la quebrada menores afluentes al río Lucre. Capacidad portante 1.271 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.4.3 Mapa de Peligros Geotécnicos

Se ha elaborado el mapa de peligro geotécnico urbano de la localidad de LUCRE validados mediante la evaluación y estudios de suelos, con investigaciones efectuadas en campo y laboratorio, obteniéndose como resultados **Mapa N° 12:**

##### **Peligro Geotécnico Muy Alto.-**

Suelos de arcilla inorgánica de baja plasticidad y suelos fluvio aluvionales del río Huatanay y Lucre capacidad portante menor 0.88 a 1.1 kg/cm<sup>2</sup>. Se ha considerado las áreas marginales de las lagunas Huacarpay y su poblado así como las áreas rurales y agrícolas de la depresión de Huacarpay.

##### **Peligro Geotécnico Alto.-**

Suelos de grava arcillosa de los pies de laderas del entorno de Lucre y Huacarpay y cono deyectivo de la quebradas Sinhuanan capacidad portante baja 1.271 kg/cm<sup>2</sup> de heterometría graduada pero limitada a las edificaciones por cauces erosivos del río e inestabilidad de taludes y cárcavas.

##### **Peligro Geotécnico Medio.-**

Suelos de grava mal graduada y grava arcillosa desarrollados en las terrazas aluviales sobre las que se rodea el área urbana de Lucre con capacidad portante 1.3 kg/cm<sup>2</sup>.

##### **Peligro Geotécnico Bajo.-**

Sustratos rocosos de afloramientos colinas altas de la ciudad capacidad portante mayor a 2 kg/cm<sup>2</sup>. Intangibles.

En resumen, de las muestras extraídas de las calicatas se han procesado en laboratorio obteniéndose los siguientes resultados:

- Lucre M-1.- clasificación SUCS: GP-GC, Grava mal graduada – grava arcillosa.
- Lucre M-2.- clasificación SUCS: GC grava limosa
- Lucre M-3.- clasificación SUCS: CL, Arcilla inorgánica de baja plasticidad
- Huacarpay M-4.- clasificación SUCS: CL Arcilla inorgánica de baja plasticidad

De la auscultación dinámica con PDL, se ha obtenido los siguientes resultados de Qadm., para profundidades de Df: 1.00m, y B: 1.00m.

- Lu Ca-1 M1: 1.271 Kgs/cm<sup>2</sup>. Sector Yanamanchi
- Lu Ca-3 M3: 1.172 Kgs/cm<sup>2</sup>. Qda. Sinhuanan
- Lu Ca-3 M4: 0.88 Kgs/cm<sup>2</sup>. Huacarpay

#### **4.5. Mapa de Peligros de origen Natural**

##### **4.5.1. Niveles de Peligros Naturales**

###### **Peligro Muy Alto**

- Cauces erosivos de las laderas medias y bajas de quebradas de Lucre con desarrollo de cárcavas y erosión regresiva intensa.
- Áreas inundables del río Huatanay y río Lucre en la ciudad y en la desembocadura hacia las lagunas Huacarpay.
- Desbordamientos de las lagunas Lucre-Huacarpay por lluvias intensas y extraordinarias.
- Laderas de alta pendiente y zonas de hundimiento alrededor de la laguna Huacarpay.
- Suelos pantanosos sobresaturados de los humedales de Huacarpay y Lucre.
- Suelos no consolidados de las terrazas medias de Lucre en zonas agrícolas.
- Suelos de arcilla inorgánica de baja plasticidad en Huacarpay y Lucre.

###### **Peligro Alto**

- Suelos de baja capacidad portante 1. 27 kg/cm<sup>2</sup> de grava arcillosa en cauces erosivos del río e inestabilidad de taludes y cárcavas.
- Laderas de fuerte pendiente de las colinas medias y altas de Lucre con afloramientos rocosos.
- Relieve inclinado de las terrazas alta y medias de hacia el valle del Huatanay.

###### **Peligro Medio**

- Suelos de grava mal graduada y grava arcillosa desarrollados en las terrazas aluviales sobre la cual se ubica áreas agrícolas en terrazas con capacidad portante 1.3 kg/cm<sup>2</sup>.

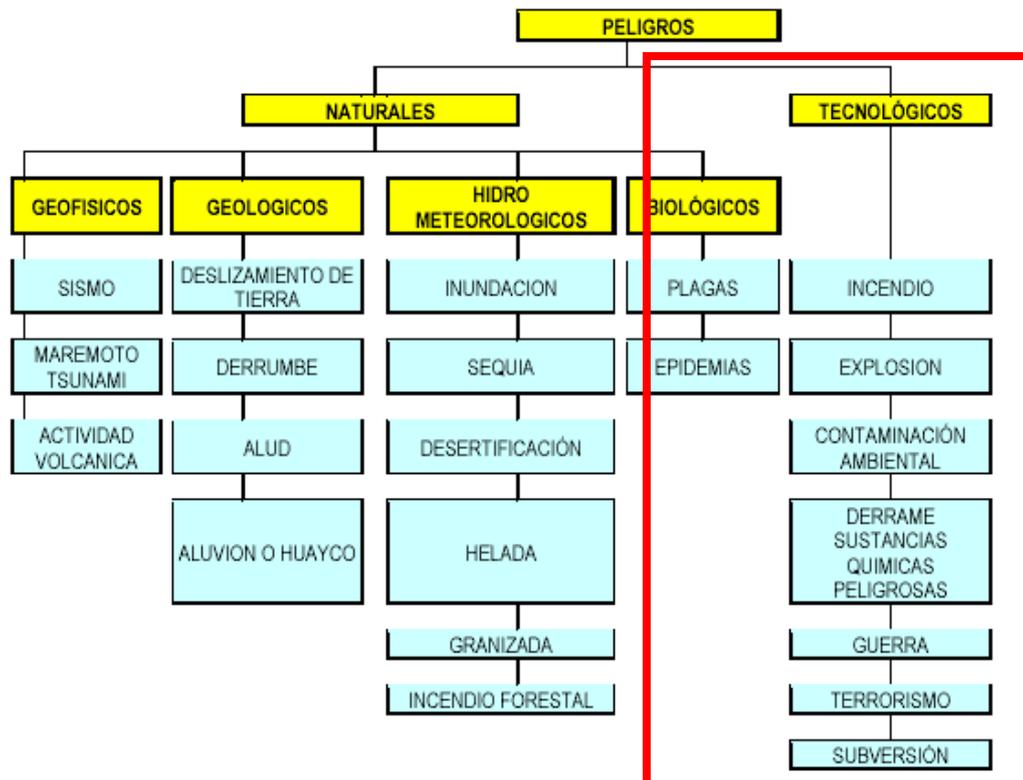
##### **4.5.2. Mapa de Peligros Naturales ( Ver Mapa Nº 13 )**

## 4.6 Peligros Tecnológicos

Los peligros tecnológicos son aquellos que derivan de la actividad humana y que pueden constituir potencial amenaza en magnitud y en intensidad sobre la población, sus bienes, infraestructura y redes vitales.

### 4.6.1. Clasificación de Peligros Tecnológicos

Los Peligros tecnológicos según clasificación del INDECI (Manual Básico de Procedimientos del Comité de Defensa Civil) son:



El registro de incendios, explosiones, derrame de productos, emergencias medicas, rescate, corto circuito, accidentes vehiculares, entre otros, se puede obtener de las estadísticas de emergencias de CGBVP (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú) y SINPAD (Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres-INDECI). Para el caso de la ciudad de Lucre-Huacarpay, se hace uso del SINPAD.

El registro de contaminación ambiental, se obtiene de la observación directa en campo, corroboradas por las entrevistas realizadas a las autoridades de la provincia, instituciones y la población en general, sobre el sistema de manejo y gestión de los residuos sólidos, la disponibilidad e implementación de los sistemas de saneamiento básico ambiental (agua y desagüe), la existencia de granjas y criaderos de animales menores y mayores, así como la existencia de infraestructuras que generen incendios, explosiones y epidemias: mercados, ferias, cementerios, camal, comercio e industrias

o establecimientos de expendio de sustancias químicas, inflamables o explosivas, en el ámbito jurisdiccional de la ciudad de Lucre-Huacarpay.

#### 4.6.2. Estadísticas de Emergencias SINPAD

La fuente de información de los antecedentes históricos (últimos 10 años), sobre emergencias ocurridas en la ciudad de Lucre-Huacarpay, la constituye únicamente el Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres-SINPAD, del INDECI, se describen a continuación las principales emergencias que se presentaron en la ciudad: (Cuadro N° 24)

**CUADRO N° 24**  
**CIUDAD DE LUCRE-HUACARPAY**  
**ESTADÍSTICA DE EMERGENCIAS DE LOS AÑOS 2003 AL 2011**

<b>TIPO DE EMERGENCIA</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<i>INCENDIOS</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>EXPLOSIONES</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>DERRAME DE PRODUCTOS</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>CORTO CIRCUITO</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>ACCIDENTE VEHICULAR</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>VARIOS</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

*Fuente: Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres-SINPAD(INDECI)*  
*Elaboración: Equipo Técnico Ciudades Sostenibles INDECI 2011*

#### 4.6.3. Peligros Tecnológicos

##### 4.6.3.1 Contaminación Ambiental

Los peligros tecnológicos relacionados a la contaminación ambiental que se registraron en las ciudades de Lucre - Huacarpay, radican principalmente en la contaminación de agua del río Lucre por la emisión de desagües, efluentes líquidos a las Lagunas de Moina y Lucre, contaminación de los suelos por acumulación de residuos sólidos en Huacarpay y el botadero ubicado en Piñiquchu la vía Cusco-Sicuani-Pto. Maldonado la vía Cusco-Sicuani-Pto. Maldonado que es la ruta de transportes de sustancias químicas, incluyendo la vía férrea que pasa por el lado nor-este de la ciudad, el gaseoducto Kuntur que pasará paralela a la vía asfaltada, las líneas de alta tensión, sobrepastoreo en los humedales de las lagunas, entre otros.

##### A. Contaminación del Agua

Los poblados de Lucre – Huacarpay cuentan con dos fuentes de agua la laguna de Moina y Lucre próxima al área urbana por el lado sur-este que sirve de atractivo turístico-recreativo, pero recibe efluentes líquidos del entorno rural y urbano, afectando su calidad natural como fuente hídrica.





El río Lucre desemboca directamente en las lagunas siendo uno de los focos de contaminación directo sobre el espacio, recogiendo diversos materiales orgánicos e inorgánicos a su paso por el pueblo de Lucre.

El río Huatanay es el colector principal de los efluentes líquidos y también sólidos de la ciudad Huacarpay. Recorre el lado nor-este de la ciudad evidenciándose una contaminación acuosa de los desagües domésticos, provenientes de la ciudad de Cusco.



Asimismo en Lucre, existía una de las Fábricas más antiguas y productivas del Perú dedicada a la elaboración de Tejidos Lucre, esta fábrica destinaba sus aguas residuales al río Lucre.

## B. Contaminación del Aire

En Huacarpay la principal fuente de aporte de sustancias químicas contaminantes en el aire son los medios de transporte terrestre y férreo que pasan por la ciudad generando humos. En el primero tenemos la vía Cusco-Sicuani-Pto. Maldonado que cruza Urcos de Oeste a Este y viceversa en esta ruta circulan trailers, autos, camiones que transitan permanentemente. Existe quema de vegetación puntual en el área rural en torno a Lucre, pero también incendios intencionados destinados a la caza de aves acuáticas.

Por otro lado existe un impacto acústico cuando se realizan circuitos automovilísticos, tanto en los ecosistemas del humedal de las lagunas que albergan fauna silvestre como accidentes para las personas y animales.

### C. Contaminación del Suelo

Debido a los procesos lixiviantes que se producen en el Cementerio, se ha considerado como fuente de contaminación del suelo el cementerio en Lucre, ubicado en el perímetro noreste de la ciudad. Aquí se combinan entierros directos, como pabellones y criptas, los restos orgánicos y desmontes en general se combinan con los residuos domésticos en su disposición final. En Huacarpay no existe cementerio.

En Huacarpay la acumulación de residuos sólidos se da alrededor del dique al sur del poblado que es usado como botadero.

Se ha registrado el uso de agroquímicos utilizados en las áreas agrícolas de Lucre para cultivo de maíz, papa entre otros.



Por otro lado el gran Botadero Municipal de Piquiñuhu ubicado en una pequeña quebrada al sur de la ciudad de Urcos afectan las características y fertilidad natural del suelo y pureza de las aguas subterráneas en su radio de influencia.

Los residuos de existentes en la antigua Fábrica de Tejidos Lucre también afectan la calidad de los suelos del terreno donde estuvo funcionando.

### D. Contaminación electromagnética

Las fuentes electromagnéticas que rodean Lucre y Huacarpay comprenden la línea de alta tensión que pasa por el lado norte en recorrido casi paralelo a la vía Urcos-Cusco. Existen dos antenas móviles, una de Claro y de Movistar en los cerros aledaños a Lucre.

#### 4.6.3.2 Epidemias, epizootias, plagas.

##### A) Mercado.

Lucre cuenta con un mercado municipal que se ubica en la Plaza de Armas al lado del Municipio Provincial.

Las instalaciones se encuentran en buen estado pero no trabaja a su capacidad instalada.

### B) Camal

No existe un camal municipal, lo que hace evidente que el beneficio del ganado se hace en forma artesanal en las viviendas y en áreas rurales donde se realiza la crianza de aves, vacunos y porcinos.

### C) Pastoreo y excretas animales

En las zonas de matorral cercana a las lagunas se práctica el sobre pastoreo de cabras y ovejas, los excrementos del ganado aumentan la eutrofización;

### D) Centro de Salud

Existe un Centro Sanitario en Lucre.

## 4.6.3.3 Peligros por Sustancias Químicas

### A) Sustancias Químicas

Las sustancias químicas que se manipulan en las ciudades de Lucre-Huacarpay se ubican a lo largo de la vía que pasa por el lado este de la ciudad Huacarpay y el centro de Lucre donde se comercializan productos ferreteros, detergentes, medicamentos, agroquímicos, alcohol, abarrotos y otros en cantidades menores.

Las rutas de transportes de sustancias químicas donde se pueden producir accidentes por derrames son la vía Cusco-Sicuani-Pto. Maldonado y la vía Férrea que pasan por Huacarpay.

### B) Inflamabilidad y Explosiones

#### Grifos y estaciones de servicio

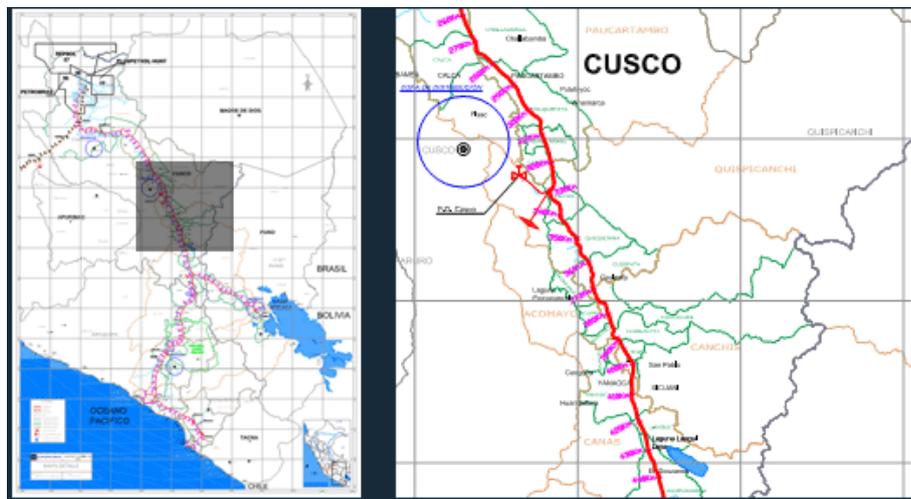
Los servicios de almacenamiento y venta de combustibles se realizan en Huacarpay a lo largo de la vía Cusco-Urcos, siendo las estaciones de servicio las siguientes:

**CUADRO Nº 25  
CIUDAD DE LUCRE - HUACARPAY  
GRIFO, ESTACION DE SERVICIOS**

CALLE	RAZON SOCIAL	ACITIVIDAD
Carretera Cusco-Urcos Km. 25 Sector Huacarpay	GRIFO EL VOLANTE	30,500 GALONES
Carretera Cusco-Urcos Km. 25 Sector Huacarpay	SERVICENTRO INTERNACIONAL BELCONIL EIRL	10,000 GALONES

### Gaseoducto Kuntur

Kuntur Transportadora de Gas, concesionario del Gasoducto Andino del Sur ha empezado la construcción del ducto en la zona de selva para atender la demanda adicional de gas natural del país. Este gasoducto inició su construcción en el año 2010 y entrará en operación comercial en el Año 2013, iniciará su traza en los yacimientos gasíferos del Cusco y atravesará las regiones de Cusco, Arequipa, Moquegua y Puno con una longitud de 1,085 kms. El paso de este Gasoducto en el ámbito de Lucre-Huacarpay está diseñado para correr paralelamente a la Carretera Urcos- Cusco pasando por la ciudad de Huacarpay. Lo cual amerita tener las medidas de seguridad y contingencia adecuadas para evitar accidentes por explosiones en el tramo que circunda Huacarpay.



### Ruta de Circuito Automovilístico

El automóvil Club de Cusco organiza una carrera al año con todo tipo de vehículos existiendo el peligro de colisión y consecuentemente incendio de vehículos.

Ver las actividades antrópicas en el Mapa N° 14

#### 4.6.4 Mapa de Peligros Tecnológicos (Mapa N°15)

##### Peligros Tecnológico Muy Alto

- Botadero Municipal de Piquiñuhu.
- Ruta de transporte vía Interoceánica Cusco-Sicuani-Pto.Maldonado. que cruza la ciudad de Huacarpay trasladando sustancias químicas peligrosas que pueden producir derrames, explosiones por accidente.
- Río Huatanay en las inmediaciones de la ciudad contaminado por efluentes líquidos y el río Lucre que recibe las aguas negras de la ciudad.

- La vía férrea y líneas de alta tensión que atraviesa el este de la ciudad de Huacarpay.
- Antenas móviles ubicadas en las laderas norte y sur colindantes con Lucre y Huacarpay.
- Cementerio municipal antiguo que genera residuos y lixiviados.
- Grifos y locales de venta de gas.
- Acumulación de residuos sólidos en el dique colindante con las lagunas de Huacarpay.
- Lagunas Moina y Lucre que reciben los efluentes líquidos y sólidos del entorno.
- Gasoducto Kuntur que transportaría gas natural vehicular cuyo ducto correría paralelo a la vía Cusco-Urcos.

### **Peligros Tecnológico Alto**

- Antigua fábrica de tejidos Lucre que deja
- Plaza principal donde se ubican lugares de expendio de sustancias químicas y ferías informales.
- Área de influencia del Botadero Municipal.
- Acumulación de residuos sólidos y hospitalarios dentro de la ciudad.
- Área urbana del centro poblado por la ubicación del mercado, camal, y contaminación electromagnética.
- Área urbana del centro poblado por la ubicación del centro de salud y el tratamiento de sus residuos sólidos y líquidos de manera común con los de la población en general.

### **Peligros Tecnológico Medio**

- Áreas agrícolas situadas en las proximidades del centro poblado.
- Circuito automovilístico que rodea las lagunas de Lucre-Huacarpay, ruta de accidentes e incendio de vehículos.
- Áreas de humedales próximos a las lagunas Lucre-Huacarpay por quema de vegetación, arrojo de desperdicios, excretas de ganado, etc.

## CAPITULO V

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS

#### 5.1. Identificación de áreas seguras para el crecimiento de la Ciudad

##### 5.1.1. Localización

En la ciudad de Lucre-Huacarpay, como en la casi totalidad de las ciudades del país, los crecimientos urbanos se dan bajo un planeamiento urbano a través de las municipalidades en terrenos señalados como “aptos” bajo criterios básicamente urbanísticos; y, mayormente, por las “invasiones” que se dan en terrenos agrícolas o próximos a cuerpos de agua, sin ningún criterio técnico.

##### 5.1.2. Condiciones naturales del sitio

Los suelos de la ciudad de Lucre-Huacarpay están constituidos por gravas mal graduadas y gravas arcillosas en las llanuras de inundación del río Huatanay, grava arcillosa en el cono deyectivo del río Lucre que incluye el área urbana, arcillas inorgánicas de baja plasticidad con capacidad portante muy baja en Huacarpay y lagunas, humedales y áreas agrícolas bajas de Lucre. Se presentan problemas de inestabilidad por erosión regresiva (laderas medias y bajas). Existen colinas altas rocosas en las cabeceras de la cuenda de Lucre. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de menos 0.88 a 1.3 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa corresponden a laderas inestables por erosión regresiva ( cárcavas ), suelos de muy baja capacidad portante en Huacarpay y Lucre de arcilla inorgánica con suelos pantanosos y suelos no consolidados en las laderas bajas de grava mal gradada y grava arcillosa, áreas inundables de la ciudad de Lucre y Huacarpay afectadas por el curso del río Lucre y Huatanay respectivamente, desborde de lagunas durante lluvias extraordinarias.

En relación con los peligros tecnológicos, las actividades antrópicas relevantes son el manejo inadecuado de sustancias peligrosas en comercios a lo largo de la vía Cusco-Urcos-Pto. Que cruza la ciudad de Huacarpay, contaminación de los suelos debido a la disposición de residuos sólidos en sectores urbanos marginales; ruta de carrera automovilística que ocasionan accidentes y perturban el hábitat de humedales de Huacarpay. La contaminación del agua del río Lucre y Huatanay por efluentes domésticos incluyendo los producidos por el beneficio de ganado en el área rural. Línea de alta tensión como fuente de contaminación electromagnética y gaseoducto Kuntur que correrá paralelo a la carretera Cusco-Urcos vía Huacarpay.

Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación, asesoría y capacitación en sistemas constructivos en zonas geotécnicas de baja capacidad portante menores a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.

## 5.2. Pautas Técnicas

Luego de haberse realizado los estudios geológicos, hidrológicos y geotécnicos de la ciudad de Lucre-Huacarpay dentro del “Proyecto Mapa de Peligros”, se dan las siguientes pautas técnicas, de carácter constructivo, las mismas que son orientativas dentro del planeamiento urbano de la ciudad, tanto para enfrentar los problemas de respuesta del suelo en el territorio urbano (ciudad y áreas marginales), cuanto para la ampliación urbana:

### 5.2.1. Para Edificaciones y habilitaciones urbanas existentes

- Asesoría técnica en reforzamiento de edificaciones y capacitación en sistemas constructivos por ser los suelos de Lucre-Huacarpay de baja capacidad portante.
- Restringir las edificaciones en altura mayores a dos pisos y en laderas inestables por ser suelos de grava arcillosa deleznable.
- Tratamiento de cárcavas en laderas para viviendas afectadas.
- Reubicación de poblado Huacarpay por estar en zona inundable y en suelos de muy baja capacidad portante en la zona provisional de reubicación.

### 5.2.2 Para Nuevas Edificaciones y habilitaciones urbanas

- Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.
- Prohibición de edificaciones en laderas de pendiente media y alta, borde o lecho del río Huatanay y Lucre, o cauces erosivos y zonas con desarrollo de cárcavas y suelos lacustres de arcilla inorgánica de baja plasticidad y capacidad portante menor a 1 kg/cm<sup>2</sup>.

### 5.2.3. Para Expansión Urbana

- Se recomienda para la expansión urbana de Lucre-Huacarpay ocupar las áreas con mayor capacidad portante suelos, consolidar las edificaciones ya existentes en la ciudad de Lucre en las áreas de menor peligro siendo estas las zonas de la margen derecha del río Lucre en las terrazas medias altas.

### 5.2.4 Para Sistemas de Drenaje Pluvial, Defensa ante Huaycos e Inundaciones

- Incremento de altura de muros de encauzamiento del río Lucre que cruza el poblado.
- Programa de vigilancia y limpieza periódica de cauce del río Lucre y Huatanay
- Tratamiento de la microcuenca a través de la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y alta de la microcuenca para disminuir la escorrentía superficial.
- Canalización del río Lucre en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo por la pendiente del cauce.

- Tratamiento de cárcavas en laderas del noroeste de la ciudad de Lucre.

### 5.3. Fichas de Proyectos de Mitigación

#### 5.3.1. Ante Peligros de origen Natural

A continuación, se proponen ocho (8) proyectos relacionados con los peligros naturales y tecnológicos que impactan en el ámbito urbano/rural de Lucre-Huacarpay.

**Cuadro N° 26**  
**PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS NATURALES**

Localización	Descripción	Costo Aprox. (S/.)	Prioridad
PROYECTO N° 01 POBLADO DE LUCRE	INCREMENTO DE ALTURA DE MUROS DE ENCAUZAMIENTO DEL RÍO LUCRE EN EL TRAMO QUE CRUZA EL POBLADO Y PROGRAMA DE VIGILANCIA Y LIMPIEZA DE CAUCE DE RÍO LUCRE	70,000	PRIMERA
PROYECTO N° 02 LADERAS NOROESTE DE LUCRE	MANEJO Y CONTROL DE CÁRCAVAS EN LA ZONAS NOROESTE DE LA CIUDAD DE LUCRE	50,000	PRIMERA
PROYECTO N° 03 CAUCE DEL RÍO HUATANAY AL NORTE DE HUACARPAY	LIMPIEZA Y MEJORAMIENTO DEL ANCHO DE CAUCE DEL RÍO HUATANAY EN EL SECTOR DE HUACARPAY	80,000	PRIMERA
PROYECTO N° 04 LADERA DE URCOS, QUEBRADAS Y LAGUNAS LUCRE-HUACARPAY	DELIMITAR ZONA DE INTANGIBILIDAD DE LADERAS, QUEBRADAS Y HUMEDALES DE URCOS POR CONDICIONES GEOTÉCNICAS NO APTAS PARA EDIFICACIONES	150,000	PRIMERA
PROYECTO N° 05 CIUDAD DE LUCRE-HUACARPAY	DIFUSIÓN EN TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PARA EDIFICACIONES EXISTENTES EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE	Recursos Ordinarios	SEGUNDA

Fuente: Ficha Técnica de Proyectos

#### 5.3.2. Ante Peligros Tecnológicos

Los proyectos recomendados para enfrentar los peligros tecnológicos en Lucre-Huacarpay y su entorno, están orientados a:

**Cuadro N°27**  
**PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS TECNOLÓGICOS**

Localización	Descripción	Costo Aprox. (S/.)	Prioridad
PROYECTO N° 06 RÍO LUCRE Y LAGUNAS HUACARPAY	CAMPAÑAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO CACHIMAYO	100,000	PRIMERA
PROYECTO N° 07 CIUDAD DE LUCRE Y ÁMBITO RURAL	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD	3 500,000	PRIMERA
PROYECTO N° 08 VIA INTEROCEANICA TRAMO CUSCO-HUACARPAY-URCOS	MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE GASEODUCTO KUNTUR QUE ATRAVIESA EL ÁMBITO DE HUACARPAY-LUCRE	MINEM-OSINERGMIN	SEGUNDA

Fuente: Ficha Técnica de Proyectos

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Los suelos de la ciudad de Lucre-Huacarpay están constituidos por gravas mal graduadas y gravas arcillosas en las llanuras de inundación del río Huatanay, grava arcillosa en el cono deyectivo del río Lucre que incluye el área urbana, arcillas inorgánicas de baja plasticidad con capacidad portante muy baja en Huacarpay y lagunas, humedales y áreas agrícolas bajas de Lucre. Se presentan problemas de inestabilidad por erosión regresiva (laderas medias y bajas). Existen colinas altas rocosas en las cabeceras de la cuenda de Lucre. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de menos 0.88 a 1.3 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa corresponden a laderas inestables por erosión regresiva ( cárcavas ), suelos de muy baja capacidad portante en Huacarpay y Lucre de arcilla inorgánica con suelos pantanosos y suelos no consolidados en las laderas bajas de grava mal gradada y grava arcillosa, áreas inundables de la ciudad de Lucre y Huacarpay afectadas por el curso del río Lucre y Huatanay respectivamente, desborde de lagunas durante lluvias extraordinarias.

En relación con los peligros tecnológicos, las actividades antrópicas relevantes son el manejo inadecuado de sustancias peligrosas en comercios a lo largo de la vía Cusco-Urcos-Pto. que cruza la ciudad de Huacarpay, contaminación de los suelos debido a la disposición de residuos sólidos en sectores urbano marginales; ruta de carrera automovilística que ocasionan accidentes y perturban el hábitat de humedales de Huacarpay. La contaminación del agua del río Lucre y Huatanay por efluentes domésticos incluyendo los producidos por el beneficio de ganado en el área rural. Línea de alta tensión como fuente de contaminación electromagnética y gaseoducto Kuntur que correrá paralelo a la carretera Cusco-Urcos vía Huacarpay.

Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación, asesoría y capacitación en sistemas constructivos en zonas geotécnicas de baja capacidad portante menores a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.

#### 6.2 Recomendaciones

Como medidas de prevención y mitigación se debe realizar las siguientes acciones:

- Asesoría técnica en reforzamiento de edificaciones y capacitación en sistemas constructivos por ser los suelos de Lucre-Huacarpay de baja capacidad portante.

- Restringir las edificaciones en altura mayores a dos pisos y en laderas inestables por ser suelos de grava arcillosa deleznable.
- Tratamiento de cárcavas en laderas para viviendas afectadas.
- Reubicación de poblado Huacarpay por estar en zona inundable y en suelos de muy baja capacidad portante en la zona provisional de reubicación.
- Se recomienda para la expansión urbana de Lucre-Huacarpay ocupar las áreas con mayor capacidad portante suelos, consolidar las edificaciones ya existentes en la ciudad de Lucre en las áreas de menor peligro siendo estas las zonas de la margen derecha del río Lucre en las terrazas medias altas.
- Incremento de altura de muros de encauzamiento del río Lucre que cruza el poblado.
- Programa de vigilancia y limpieza periódica de cauce del río Lucre y Huatanay
- Tratamiento de la microcuenca a través de la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y alta de la microcuenca para disminuir la escorrentía superficial.
- Canalización del río Lucre en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo por la pendiente del cauce.
- Tratamiento de cárcavas en laderas del noroeste de la ciudad de Lucre.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**ACCIDENTE (SINIESTRO).**- Evento indeseado e inesperado que ocurre rápidamente causando daños a la propiedad, a las personas y/o al medio ambiente.

**ACCIÓN PRIORITARIA.**- Corresponden a medidas susceptibles de ser implementadas en el corto plazo y en proporción a los recursos disponibles, de tal modo que para ejecutarlas es suficiente la decisión de hacerlo.

**AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO.**- Aguas contaminadas por uso domestico. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto de los últimos años por la contaminación que genera a los ecosistemas.

**ALUVIÓN.**- Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones. Se desplazan con gran velocidad a través de quebradas o valles en pendiente, debido a la ruptura de diques naturales y/o artificiales o desembalse súbito de lagunas, o intensas precipitaciones en las partes altas de valles y quebradas.

**AVENIDA.**- Crecida impetuosa de un río. En algunos lugares del país se llama localmente riada.

**CÁLCULO HIDRAÚLICO.**- calculo que permite determinar la altura de agua o tirante, la sección estable del rio, la profundidad de socavación y como consecuencia del mismo la altura de protección del dique (enrocado o gaviones) y la profundidad de uña a enrocar o ancho de colchón antisocavante.

**CARCÁVA.**- Zanja excavada en sedimentos no consolidados en las laderas por acción del agua sin encauzar.

**CIUDADES SOSTENIBLES.**- Aquellas ciudades seguras, saludables, atractivas, ordenadas y eficientes; en funcionamiento y desarrollo. Estas características no deben afectar al medio ambiente gobernable y competitivo.

**COMBUSTIBLE.**- Cualquier sustancia que causa una reacción con el oxígeno de forma violenta, con producción de calor, llamas y gases. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química). En general se trata de algo susceptible de quemarse.

**CONDUCTO CERRADO.**- estructura, por lo general de concreto armado, de sección cuadrada, rectangular o circular, que permite, en este caso, cruzar áreas urbanas sin que se afecten mutuamente, no se contamina el recurso hídrico que conduce el conducto cerrado y la ciudad desarrolla sus actividades sin interrupción.

**CONTAMINACIÓN.**- Significa todo cambio indeseable en las características del aire, agua o suelo, que afecta negativamente a todos los seres vivientes del planeta. Estos cambios se generan principalmente por acción del ser humano.

**CUENCA HIDROGRÁFICA.-** Región avenida por un río y sus afluentes. La Cuenca Hidrográfica es el espacio que recoge el agua de las precipitaciones pluviales y, de acuerdo a las características fisiográficas, geológicas y ecológicas del suelo, donde se almacena, distribuye y transforma el agua proporcionando a la sociedad humana el líquido vital para su supervivencia y los procesos productivos asociados con este recurso, así como también donde se dan excesos y déficit hídricos, que eventualmente devienen en desastres ocasionados por inundaciones y sequías.

**DEFENSA CIVIL.-** Conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen los desastres o calamidades.

**DERRAME.-** Es el escape de cualquier sustancia líquida, sólida o la mezcla de ambas, de cualquier recipiente o conducto que la contenga como son: tuberías, equipos, tanques de almacenamiento, autotanques, carrotanques, etc.

**DERRUMBE.-** Desplazamiento violento, generalmente inusitado, de masas de rocas fracturadas a manera de fragmentos; originado por la descompresión de la roca, favorecido por los agentes de intemperismo (lluvias mayormente) o por la misma gravedad.

**DESASTRE.-** Una interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico).

**DESCOLMATACIÓN.-** eliminación de los sedimentos que han colmatado la caja hidráulica del río.

**DESLIZAMIENTO.-** Desplazamientos, pendiente abajo, de masas de rocas o suelos (o de ambos) por la pérdida de estabilidad, que puede ser por saturación por agua, presencia de materiales arcillosos, que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones de las vertientes; o por otras causas.

**DIQUE SEMICOMPACTADO.-** relleno masivo con material propio de río, se "compacta" con pasada de tractor de orugas, para que se comporten como defensa ribereña, necesita necesariamente protegerlos con enrocado o gaviones.

**ECOSISTEMA.-** Sistema dinámico relativamente autónomo, formado por una comunidad natural y su ambiente físico. Tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos (plantas, animales, bacterias, algas, protozoos y hongos, entre otros) que forman la comunidad y los flujos de energía y materiales que la atraviesan.

**EFLUENTE INDUSTRIAL.-** Sustancias líquidas, gaseosas o volátiles que se desprenden o son vertidas como producto de la actividad de transformación o de producción industrial. Descarga de contaminantes al ambiente con o sin tratamiento.

**ELEMENTOS EN RIESGO.-** La población, las construcciones, las obras de ingeniería, actividades económicas y sociales, los servicios públicos e infraestructura en general, con grado de vulnerabilidad.

**EMERGENCIA.-** Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.

**QUIPO TÉCNICO.**- Grupo de especialista encargado de elaboración del estudio.

**EROSIÓN FLUVIAL.**- Desgaste que producen las fuerzas hidráulicas de un río en sus márgenes y en el fondo de su cauce con variados efectos colaterales.

**EROSIÓN.**- Desintegración, desgaste o pérdida de suelo y/o rocas como resultado de la acción del agua y fenómenos de intemperismo.

**ESTACIÓN DE SERVICIOS.**- Establecimiento de Venta al Público de Combustibles, dedicado a la comercialización de Combustibles a través de surtidores y/o dispensadores exclusivamente; y que además ofrecen otros servicios en instalaciones adecuadas, tales como: Lavado y engrase, Cambio de Aceite y Filtros, Venta de llantas, Lubricantes, Aditivos, Baterías, Accesorios y demás artículos afines, cumpliendo con los requisitos establecidos en el Reglamento nacional específico.

**EVALUACIÓN DE PELIGRO.**- Procedimientos que tienen por objeto la identificación, predicción e interpretación de los peligros que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos.

**EXPLOSIVO.**- Producto que mediante el aporte de energía térmica o de impacto pueda originar una reacción en cadena con generación de ondas de presión que se propaguen a una velocidad superior a 1 m/sg.

**FALLA GEOLÓGICA.**- Grieta o fractura entre dos bloques de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se produce desplazamiento relativo, vertical u horizontal. Los procesos tectónicos generan las fallas.

**FENÓMENO NATURAL.**- Todo lo que ocurre en la naturaleza, puede ser percibido por los sentidos y ser objeto del conocimiento. Además del fenómeno natural, existe el tecnológico o inducido por la actividad del hombre.

**FENÓMENO TECNOLÓGICO.**- Todo fenómeno producido por la actividad del hombre que puede provocar una situación de emergencia, como son la contaminación ambiental, derrame de sustancias químicas peligrosas, incendios, explosiones, etc.

**GAS INFLAMABLE.**- De acuerdo al DOT (Departamento de Transporte de los EUA), cualquier gas que en condiciones normales de temperatura y presión (CNTP) forme una mezcla inflamable con el aire en una concentración menor o igual al 13%, o cualquier gas que, a CNTP, tenga un rango de mezclas inflamables con el aire mayor al 12%, independientemente de su límite inferior de inflamabilidad.

**GAS LICUADO DE PETRÓLEO-GLP.**- Es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de condensar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano.

**GAVIÓN.**- caja prismática rectangular formada por mallas (cocada de 10 x 12 cm) de alambre galvanizado, que puede ser tipo colchón o caja y es rellena por lo general con piedra de canto rodado de río, como colchones se disponen en el talud húmedo del dique, como antisocavante, y en el caso de cajas, se disponen como muros de encauzamiento o empotramiento.

**GEODINÁMICA.-** Proceso que ocasiona modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).

**GEOTEXTIL.-** tela agujada, no tejida, de polietileno que ha sido diseñada para actuar como filtro.

**GESTIÓN (ADMINISTRACIÓN) DEL RIESGO.-** La aplicación sistemática de administración de políticas, procedimientos y prácticas de identificación de tareas, análisis, evaluación, tratamiento y monitoreo de riesgos. La tarea general de la gestión del riesgo debe incluir tanto la estimación de un riesgo particular como una evaluación de cuán importante es. Por tanto, el proceso de la gestión del riesgo tiene dos partes: la estimación y la evaluación del riesgo. La estimación requiere de la cuantificación de la data y entendimiento de los procesos involucrados. La evaluación del riesgo consiste en juzgar qué lugares de la sociedad en riesgo deben encarar éstos, decidiendo qué hacer al respecto.

**GRIFO.-** Establecimiento de Venta al Público de Combustibles, dedicado a la comercialización de Combustibles a través de surtidores y/o dispensadores, exclusivamente. Puede vender kerosene sujetándose a las demás disposiciones legales sobre la materia.

Asimismo, podrá vender lubricantes, filtros, baterías, llantas y accesorios para automotores.

**HUAYCO.-** Término peruano referido a descensos violentos de grandes masas de lodo y fragmentos de roca de diferentes dimensiones, debido a la saturación por agua de estos materiales, en superficies más o menos inclinadas.

**IMPACTO.-** Alteración favorable (Impacto Positivo) o desfavorable (Impacto negativo) en el medio o en alguno de los componentes del medio producido por una acción o actividad.

**INCENDIO.-** Es una ocurrencia de fuego no controlada que puede ser extremadamente peligrosa para los seres vivos y las estructuras. La exposición a un incendio puede producir la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por ella y posteriormente quemaduras graves.

**INFLAMABLE.-** Producto combustible que tenga un punto de inflamación igual o inferior a 55°C.

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL.-** Organismo central, rector y conductor del Sistema Nacional de Defensa Civil - SINADECI, encargado de la organización de la población, coordinación, planeamiento y control de las actividades de Defensa Civil.

**INUNDACION.-** Fenómeno mediante el cual una corriente importante de agua cubre áreas de terrenos aledaños al curso geográfico por donde se desplaza el agua (ríos/quebradas).

**LICUACIÓN.-** Transformación de un suelo granulado, principalmente arena, en estado licuado, causada generalmente por el sacudimiento que produce un terremoto.

**MAPAS DE PELIGRO.-** Son mapas que representan de manera gráfica la distribución de las características de los fenómenos perturbadores con base en conocimientos científicos y en datos estadísticos y probabilísticos. En éstos se contemplan estudios

sobre diferentes fenómenos de origen natural o antropogénico, que conducen a la determinación del nivel cuantitativo del peligro o amenazas que existen en un lugar específico (municipio, estado país). Los estudios de peligro se basan en información sobre el medio físico y pueden realizarse a distintas escalas.

**MATERIAL ALUVIAL.-** Material antiguo depositado lateralmente por un curso de agua que ha adquirido cierta compacidad; constituido por gravas y arenas con cobertura de suelo arcillo limoso. Constituyen los usos agrícolas en los fondos de los valles.

**MATERIAL COLUVIAL.-** Material fragmentado de la roca, transportado y acumulado por gravedad; generalmente se ubica en los taludes de los cerros, son heterogéneos en forma y tamaño.

**MATERIAL FLUVIAL.-** Material suelto que ocupa los cauces actuales de los ríos y quebradas importantes, que han sufrido un gran transporte, adquiriendo redondez en sus elementos.

**MATERIAL INCONSOLIDADO.-** Es el material suelto o poco compactado producto de la desintegración de la roca, transporte y deposición por alguna incentivación mecánica (agua, gravedad, viento). Su granulometría es variada; va desde muy fino (arenas) hasta bloques en matriz fina.

**MERCANCÍAS PELIGROSAS.-** Son materias u objetos que presentan riesgo para la salud, para la seguridad o que pueden producir daños en el medio ambiente, en las propiedades o a las personas. El término mercancía peligrosa se utiliza en el ámbito del transporte; en los ámbitos de seguridad para la salud o etiquetado se utiliza el término sustancia o preparado peligroso.

**METEORIZACIÓN.-** Desagregación y/o transformaciones de las rocas por procesos mecánicos, químicos, biológicos, principalmente bajo la influencia de fenómenos atmosféricos.

**MITIGACIÓN.-** Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientados a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos.

**MONITOREO.-** Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.

**NAPA FREÁTICA.-** Corriente de agua subterránea de carácter permanente, con características hidráulicas propias, como geometría, fluctuaciones de nivel, etc.

**NIVEL DE PELIGRO.-** Concentración de un material peligroso en el aire que sigue una emisión, un flujo termal en caso del fuego y/o una onda de choque en caso de la explosión de la cual puede haber daños serio e irreversible a la salud y a la vida.

**OBJETO DE RIESGO.-** Una industria, un depósito, etc., que implican un peligro o una fuente de riesgo. Pueden existir varias fuentes de riesgo en un mismo objeto de riesgo.

**PELIGRO.-** La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.

**PELIGRO NATURAL.-** La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino, que puede presentarse en un lugar vulnerable.

**PELIGRO TECNOLÓGICO.-** La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno tecnológico potencialmente dañino, que puede presentarse en un lugar vulnerable.

**PREPARACIÓN Y EDUCACIÓN.-** La Preparación se refiere a la capacitación de la población para las emergencias, realizando ejercicios de evacuación y el establecimiento de sistemas de alerta para una respuesta adecuada (rápida y oportuna) durante una emergencia. La Educación se refiere a la sensibilización y concientización de la población sobre los principios y filosofía de Defensa y Protección Civil, orientados principalmente a crear una Cultura de Prevención.

**PREVENCIÓN.-** El conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismorresistentes, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de tierras, del agua, sobre ordenamiento urbano y otras).

**PRODUCTOS PIROTÉCNICOS.-** Artificio o producto resultante de la combinación o mezclas de sustancias químicas, debidamente confinadas, que al ser accionadas o encendidas producen combustión acelerada de sus componentes, desde el inicio hasta sus efectos finales, pudiendo ocasionar por deflagración o detonación efectos luminosos, fumígenos, sonoros o dinámicos. Pueden contener antioxidantes u otros aditivos que mejoren su calidad.

**PRONÓSTICO.-** Es la metodología científica basada en estimaciones estadísticas y/o modelos físico-matemáticos, que permiten determinar en términos de probabilidad, la ocurrencia de un movimiento sísmico de gran magnitud o un fenómeno atmosférico para un lugar o zona determinados, considerando generalmente un plazo largo; meses, años.

**PUNTO DE INFLAMABILIDAD.-** Es la temperatura más baja necesaria a la que un combustible comienza a desprender vapores, los cuales forman una mezcla con el oxígeno de aire o cualquier otro producto oxidante, que es capaz de arder y que en el mayor de los casos puede originar una inflamación violenta de la mezcla la cual no logra mantenerse (centelleo). Cuanto menor sea la temperatura de inflamación mayor será el riesgo de incendio.

**RADIO MÁXIMO DE PELIGRO.-** Representa la distancia estimada que puede ser potencialmente afectada por la liberación de una sustancia peligrosa en niveles que pueden causar daños agudos a la salud o la muerte de las poblaciones humanas por efectos de una liberación accidental.

**RECONSTRUCCIÓN.-** La recuperación del estado pre-desastre, tomando en cuenta las medidas de prevención necesaria y adoptada de las lecciones dejadas por el desastre.

**REHABILITACIÓN.-** Acciones que se realizan inmediatamente después del desastre. Consiste fundamentalmente en la recuperación temporal de los servicios básicos (agua, desagüe, comunicaciones, alimentación y otros) que permitan normalizar las actividades en la zona afectada por el desastre. La rehabilitación es parte de la Respuesta ante una Emergencia.

**RESIDUOS SÓLIDOS.-** Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente.

**RIESGO.-** Evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

**ROCA EXTRUSIVA (VOLCÁNICA).-** Rocas ígneas (primarias) provenientes del magma, que consolidan sobre la superficie terrestre o muy cercana a ella.

**ROCA INTRUSIVA.-** Rocas ígneas (primarias) provenientes del magma, que consolidan a gran profundidad.

**ROCAS SEDIMENTARIAS (SECUNDARIAS).-** Rocas exógenas producto de la consolidación de materiales detríticos originados por la erosión de rocas preexistentes (primarias).

**SISMO.-** Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la Tierra.

**SUSTANCIA PELIGROSA.-** Aquella sustancia que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

**TALUD.-** Es la superficie inclinada del terreno que se extiende desde la base a la cumbre de una ladera; comprende roca o material de cobertura.

**TECTÓNICA.-** Ciencia relativamente nueva, rama de la geofísica, que estudia los movimientos de las placas tectónicas por acción de los esfuerzos endógenos. Existen de tres tipos: de colisión (compresión), de separación (tensión) y de movimiento lateral (transformante).

**TÓXICO.-** Producto que pueda ocasionar una pérdida de salud a toda persona que pueda verse expuesta a la acción contaminante del mismo y disponga de algún parámetro de referencia que determine su toxicidad a través de cualquiera de las vías de entrada en el organismo humano.

**VULNERABILIDAD.-** Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.

**ZONA DE ESTUDIO.-** Espacio geográfico de interés donde se desarrolla la investigación.

**FICHA TECNICA N° 01**

**PROYECTO: INCREMENTO DE ALTURA DE MUROS DE ENCAUZAMIENTO DEL RÍO LUCRE, EN EL SECTOR QUE CRUZA EL POBLADO Y PROGRAMA DE VIGILANCIA Y LIMPIEZA PERIÓDICA DE CAUCE DE RÍO**

<b>UBICACIÓN:</b>		
Poblado de Lucre		
<b>OBJETIVOS:</b>		
Evitar el riesgo de desbordamiento del río hacia la población.		
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
CORTO PLAZO Y DE MODO PERMANENTE	Primera	Río Lucre y su ingreso en la ciudad en dirección suroeste a noreste.

**DESCRIPCION:**

La causa de la reciente inundación del poblado de Lucre, se debió a la obstrucción del río por un tronco de árbol el que coincidió con una crecida. Bajo una vigilancia permanente en época de lluvias y la limpieza del cauce previa a la temporada, evitará eventos similares.

Sin embargo, a manera de previsión, se podrá incrementar el tirante del muro lateral del cauce del río que cruza la ciudad en unos 0.50 m.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

El monto estimado asciende a S/. 70,000.00

**BENEFICIARIOS:**

Pobladores de Lucre

<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
---------------------------	---------------------------------

Municipalidad distrital de Lucre	Preventivo
----------------------------------	------------

<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
--	---

Recursos propios de la Municipalidad distrital de Lucre	Medio
---	-------

**FICHA TECNICA N° 02**

**PROYECTO: MANEJO Y CONTROL DE CÁRCAVAS EN LA ZONAS NOR OESTE DE LA CIUDAD DE LUCRE**

**UBICACIÓN:**

*Ladera izquierda del río Lucre, en el sector de la ciudad.*

**OBJETIVOS:**

*Evitar el riesgo por huaycos e inundaciones en las cárcavas que desembocan en el río Lucre pasando por la ciudad.*



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

CORTO PLAZO

Primera

Laderas noroeste de Lucre y sus cárcavas.

**DESCRIPCION:**

*En la ladera izquierda existe un sistema de cárcavas y cauces erosivos los que drenan hacia el río Lucre pasando por la ciudad, estos provocan inundaciones y huaycos en las épocas de lluvia, poniendo en peligros a los pobladores que se asientan cerca a estos cauces.*

*Para minimizar el impacto de estos fenómenos se recomienda realizar trabajos de diques transversales de concreto para minimizar la acción erosiva de las agua, también se recomienda la forestación en las laderas de las cárcavas para minimizar la erosión.*

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

*El monto estimado asciende a S/. 50,000.00*

**BENEFICIARIOS:**

*Pobladores de Lucre*

**ENTIDAD PROMOTORA:**

*Municipalidad distrital de Lucre*

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

*Preventivo*

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

*Recursos propios de la Municipalidad distrital de Lucre*

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

*Alto.*

**FICHA TECNICA N° 03**

**PROYECTO: LIMPIEZA Y MEJORAMIENTO DEL CAUCE DEL RIO HUATANAY EN EL SECTOR NORTE DEL EX POBLADO DE HUACARPAY**

<b>UBICACIÓN:</b>		
Cauce del río Huatanay al norte de la ciudad de Huacarpay.		
<b>OBJETIVOS:</b>		
Evitar el riesgo de desbordamiento del río hacia la carretera Cusco - Urcos.		
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
CORTO PLAZO	Primera	Áreas inundadas de Huacarpay
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
<p>El caudal del río Huatanay incrementa fuertemente en las épocas de lluvias llegando muchas veces a desbordarse e inundando el ex poblado de Huacarpay y la carretera Cusco – Urcos interrumpiendo el tránsito vehicular, esta vía es de primer orden ya que conecta la ciudad del Cusco con las ciudades de Puno, Arequipa y Puerto Maldonado.</p> <p>Para minimizar los efectos de estas inundaciones es recomendable realizar la limpieza y el mantenimiento periódico del cauce del río Huatanay en el sector.</p>		
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSION</b>		
El monto estimado asciende a S/. 80,000.00		
<b>BENEFICIARIOS:</b>		
Transeúntes de la vía Cusco ciudad - Provincias altas, Regiones Puno, Arequipa y Madre de Dios.		
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>		<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad distrital de Lucre		Preventivo
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>		<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Recursos propios de la Municipalidad distrital de Lucre		Alto.

**FICHA TECNICA N° 04**

**PROYECTO: DELIMITAR ZONA DE INTANGIBILIDAD DE LADERAS, QUEBRADAS Y HUMEDALES DE URCOS POR CONDICIONES GEOTÉCNICAS NO APTAS PARA EDIFICACIONES**

**UBICACIÓN:**

*Laderas, quebradas y humedales de Lucre - Huacarpay*

**OBJETIVOS:**

*Restringir la ocupación urbana en áreas no aptas para edificaciones.*



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

*CORTO PLAZO*

*Primera*

*Laderas de Lucre-Huacarpay, quebradas y humedales de la Lagunas*

**DESCRIPCION:**

*Las condiciones geotécnicas de los suelos de las laderas, quebradas y humedales de las ciudades de Lucre-huacarpay por ser gravas arcillosas, y arcillas inorgánicas de baja capacidad portante, en la ciudad se presentan condiciones geotécnicas no adecuadas por ser los suelos de la quebrada Lucre gravas mal graduadas y arcillosas. Por otro lado se tiene presencia de áreas lagunares al noreste de la ciudad de Lucre con desarrollo de suelos lacustres no aptos para instalaciones y viviendas por presentar los suelos una composición arcillosa inorgánica de baja plasticidad. Por tanto se debe delimitar una zona de intangibilidad de laderas, quebradas y humedales en el entorno urbano de la ciudad de Lucre-Huacarpay para evitar la ocupación urbana en el corto y mediano plazo*

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

*El monto estimado asciende a S/. 150,000.00*

**BENEFICIARIOS:**

*Población urbana y rural de Lucre Huacarpay*

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

*Municipalidad Distrital de Lucre*

*Seguridad física*

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

*Recursos propios de la Municipalidad, Cooperación internacional*

*Alto*

**FICHA TECNICA N° 05**

**PROYECTO: DIFUSIÓN EN TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PARA EDIFICACIONES EXISTENTES EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE**

<b>UBICACIÓN:</b>		
Ciudades de Lucre-Huacarpay		
<b>OBJETIVOS:</b>		
<p>Crear conciencia entre la población, sobre los riesgos que representan las amenazas naturales en los sistemas constructivos de sus viviendas y los beneficios de la prevención, a través de programas de capacitación y la difusión de folletos para la construcción de nuevas edificaciones y mejorar la calidad de las existentes.</p>		
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
MEDIANO PLAZO	Secundaria	Materiales de edificaciones en Lucre - Huacarpay, adobe y tejas.
<b>DESCRIPCION:</b>		
<p>La difusión de los sistemas constructivos se debe desarrollar a través de folletos y Seminarios taller dirigidos por profesionales técnicos a la población. El proyecto debe priorizar al corto plazo la divulgación de los riesgos en los sectores críticos identificados a fin de crear conciencia preventiva en la población. Los folletos deben incluir propuesta de diseño de viviendas con el material predominante de la zona (adobe), así como el procedimiento constructivo, debiendo contener:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parte de la Construcción y su Función: Cimientos, Sobrecimientos, Columnas, Muros, Vigas, Dinteles, Techos y Coberturas, Tarrajeo (muros), Enlucido (techo) y Pisos.</li> <li>- Materiales para la Construcción: Cemento, Cal, Yeso, Arena, Piedra, Hormigón, Ladrillo, Fierro, Madera y Agua.- Proporciones de Materiales para la construcción: Cimiento, Sobrecimiento, Columna, Viga, Muros (asentados), Pisos (marquetas de yeso, cemento), Techos.</li> <li>- Proceso Constructivo, se debe tener en cuenta: Preparación de Terreno (limpieza y nivelación), Cortes y Rellenos (movimiento de tierras, trazo), Cimentación (ubicación, dimensiones y materiales), Refuerzo de Muros (ubicación, refuerzos horizontales y verticales, dimensiones y materiales), Las Vigas y Dinteles (ubicación, tipos, dimensiones, materiales), Muros (adobe y ladrillo – tipos y dimensiones; Mortero – tipos, materiales, colocación), Piso (función, tipos y materiales), Cobertura (techos con cobertura liviana y otros), Instalaciones (sin empotrar y empotradas), Tarrajeos (tipos y materiales), Acabados (tipos y materiales).</li> </ul>		
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSION</b>		
Recursos ordinarios de la Municipalidad Distrital de Lucre		
<b>BENEFICIARIOS:</b>		
Pobladores de Lucre		
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Distrital de Lucre	Seguridad estructural	
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>	
Recursos propios de la Municipalidad Distrital de Lucre	Alto	

**FICHA TÉCNICA N° 06**

**PROYECTO: CAMPAÑAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LUCRE Y LAGUNAS HUACARPAY ( MOINA Y LUCRE)**

**UBICACIÓN:**

Río Lucre y lagunas Huacarpay

**OBJETIVOS:**

Descontaminación de las aguas del río Lucre y humedales de las lagunas Huacarpay reduciendo las fuentes y focos de vertimientos directos e indirectos provenientes de la ciudad y área rural.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Mediano plazo

Primera

Contaminación de Lagunas Huacarpay - Lucre por residuos y efluentes líquidos..

**DESCRIPCION:**

El proyecto complementa la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad incorporando Campañas de Limpieza periódica de las riberas de río Lucre. Señalizaciones, Charlas y Talleres de Educación Ambiental a la población especialmente las que habitan cerca al río Lucre y Huatanay, sobre la protección de la fuente hídrica que irriga las áreas agrícolas de Lucre.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

S/. 100,000 nuevos soles

Recursos Ordinarios de la Municipalidad Distrital.

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población de Lucre

**ENTIDAD PROMOTORA:**

Municipalidad Distrital de Lucre

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Salud ambiental

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

Recursos Propios.

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Alto

**FICHA TÉCNICA N° 07**

**PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE LUCRE-HUACARPAY**

**UBICACIÓN:**

*Ciudades de Lucre-Huacarpay y ámbito rural*

**OBJETIVOS:**

Mejorar y ampliar el sistema de recojo de los residuos sólidos y reubicar las zonas colectoras. Así como la implementación de una planta segregadora y de reutilización.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

*Mediano plazo*

*Primera*

*Desmontes y residuos sólidos en humedales de Huacarpay*

**DESCRIPCION:**

El Municipio Distrital de Lucre debe contemplar el recojo de manera efectiva y concientizada aplicando el tema del reciclaje y recuperación de zonas de botadero y/o relleno sanitario, que permita al gobierno local tener un control de las acciones que se toman en bien de la salubridad del distrito.

El proyecto permitirá mejorar el recojo de los residuos sólidos en la ciudad de Lucre, brindándole a la población seguridad ambiental y desarrollo de planes de manejo de residuos sólidos compatibilizado con su transferencia a un adecuado relleno sanitario.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

*S/. 3 500,000 nuevos soles*

**BENEFICIARIOS:**

*Toda la población de Lucre*

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

*Municipalidad Provincial de Lucre*

*Salud ambiental y educación*

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

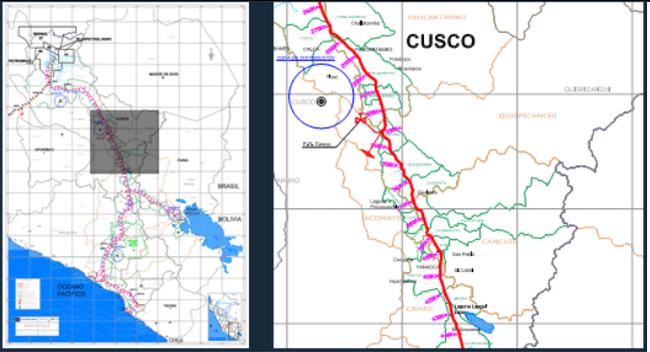
**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

*Recursos Propios.*

*Alto*

**FICHA TÉCNICA N° 08**

**PROYECTO: MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE GASEODUCTO KUNTUR QUE ATRAVIESA EL ÁMBITO DE HUACARPAY - LUCRE**

<b>UBICACIÓN:</b>		
Vía Interoceánica tramo Cusco –Huacarpay		
<b>OBJETIVOS:</b>		
<p>Monitoreo de las medidas de seguridad, funcionamiento del gaseoducto kuntur por el transporte de gas verificando las medidas de seguridad y protocolos correspondientes para disminuir roturas, incendios o explosiones en el tramo que pasa por Huacarpay</p>		
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
Mediano plazo	Segunda	Gaseoducto Kuntur pasa por la Vía Interoceánica Cusco - Huacarpay
<b>DESCRIPCION:</b>		
<p>El Gaseoducto Kuntur que entrará en operación en corto plazo y pasará por la vía Cusco-Urcos-Pto. Maldonado, afectará la seguridad de la población de Lucre por el paso de las tuberías de gas ( sustancia inflamable ) por el casco urbano de Huacarpay – Lucre.</p> <p>Se requiere monitorear el estado y funcionamiento permanente y seguro de las tuberías que pasan por la ciudad de Huacarpay para evitar accidentes por fugas y explosiones..</p>		
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSION</b>		
Recursos Ordinarios MINEM – OSINERGMIN		
<b>BENEFICIARIOS:</b>		
Toda la población de Lucre		
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Distrital, MINEM - OSINERGMIN	Seguridad física y vial.	
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>	
Recursos Propios. MINEM - OSINERGMIN	Alto	