



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

**ESTUDIO**

**MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE  
MITIGACIÓN ANTE DESASTRES**



**Ciudad de Machupicchu**

**INFORME FINAL**

**Enero 2012**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL - INDECI**

General de División (R)  
**ALFREDO E. MURGUENTIO ESPINOZA**  
**JEFE DEL INDECI**

Coronel EIP (R)  
**EDGAR ORTEGA TORRES**  
**SUB JEFE DEL INDECI**  
**DIRECTOR NACIONAL PROYECTO PER /02/051**

**EDWIN VASQUEZ MORA**  
**DIRECTOR REGIONAL INDECI SUR ORIENTE**

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

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

**ALFREDO PÉREZ GALLEN**  
**Asesor**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

**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 URUBAMBA**

**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MACHUPICCHU**

**OSCAR VALENCIA AUCCA**  
**Alcalde Distrital de Machupicchu**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
INDECI**

**PROGRAMA CIUDADES SOSTENIBLES**

**EQUIPO TÉCNICO CONSULTOR**

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

Asistente en Geología  
Ing. Geolg. ELISBAN LAURO CARDENAS

Especialista en Geotecnia y Mecánica de Suelos  
Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA

Especialista en Hidrología  
Ing. VICTOR ARANGOITIA VALDIVIA

Especialista en Sistema de Información Geográfica  
Arq. YURI VILLAFUERTE GUTIERREZ

Especialista en Medio Ambiente y Peligros Tecnológicos  
Blga. MARIA TERESA JIMÉNEZ MANRIQUE

# **CONTENIDO**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

## **INTRODUCCIÓN**

### **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
  - 3.1.3 Accesibilidad
- 3.2 Aspectos Físico Geográficos y Ambientales
  - 3.2.1 Fisiografía y Relieve
  - 3.2.2 Hidrografía
  - 3.2.3 Topografía y tipo de suelo
  - 3.2.4 Clima
  - 3.2.5 Ecología y Áreas Naturales Protegidas
  - 3.2.6 Recursos Naturales

### **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 Vilcanota
- 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

## 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 Pluvial, Defensa ante Huaycos e Inundaciones

### 5.3. Medidas de Mitigación y Fichas de Proyectos

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 : Ensayos de Laboratorio EMS

Anexo 4 : Levantamiento Topográfico

Anexo 5 : Cálculos y Modelamiento Hidrológico

Anexo 6 : Análisis Físico Químico y Bacteriológico de Aguas

### **RELACIÓN DE ADJUNTOS:**

### **DIAGRAMAS**

Diagrama N° 1: Pasos para la Ejecución del PCS

Diagrama N° 2: Esquema Metodológico de los Estudios PCS

## **FIGURAS**

- Figura Nº 1: Distrito de Machupicchu
- Figura Nº 2: Accesibilidad a la ciudad de Machupicchu desde El Cusco
- Figura Nº 3: Relieve de las cuencas de los ríos Aguas Caliente y Alcamayo
- Figura Nº 4: Sistema Hidrográfico de Machupicchu Pueblo
- Figura Nº 5: Levantamiento Topografía de la ciudad de Machupicchu
- Figura Nº 6: Mapa del Santuario Histórico de Machupicchu y Camino Inca
- Figura Nº 7: Plano de la ciudad Inca de Machupicchu
- Figura Nº 8: Vista del recorrido del río Vilcanota – Tramo Chilca-Sta. Teresa
- Figura Nº 9: Vista Mapa Geomorfológico Regional
- Figura Nº 10: Vista de los procesos de formación del valle del río Vilcanota
- Figura Nº 11: Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas
- Figura Nº 12: Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 50 años
- Figura Nº 13: Zonificación Sísmica
- Figura Nº 14: Sismicidad del Perú
- Figura Nº 15: Mapa de Isosistas Sismo 24 Noviembre 1604
- Figura Nº 16: Mapa de Isosistas Sismo 24 Agosto 1942
- Figura Nº 17: Mapa de Isosistas Sismo Noviembre 1947
- Figura Nº 18: Mapa de Isosistas Sismo 21 Mayo 1950
- Figura Nº 19: Mapa de Isosistas Sismo 5 Abril 1986
- Figura Nº 20: Conducción de flujo líquido únicamente
- Figura Nº 21: Desborde producido por arrastre sólido
- Figura Nº 22: Imagen Satelital Geoeye – Ámbito Urbano Machupicchu

## **GRÁFICOS**

- Gráfico Nº 1: Precipitación Media Mensual
- Gráfico Nº 2: Temperatura Media Mensual
- Gráfico Nº 3: Humedad Relativa
- Gráfico Nº 4: Machupicchu Datos Corregidos
- Gráfico Nº 5: Probabilidad para PRECIP
- Gráfico Nº 6: Perfil Longitudinal – Qda. Aguas Calientes
- Gráfico Nº 7: Perfil Longitudinal – Qda. Alcamayo
- Gráfico Nº 8: Análisis de Tendencia
- Gráfico Nº 9: Probabilidad para Q
- Gráfico Nº 10: Flujos – Qda. Vilcanota

## **CUADROS**

- Cuadro N° 01: Datos Básicos de Machupicchu
- Cuadro N° 02: Región Cusco y Provincias
- Cuadro N° 03: Provincia de Urubamba y Distritos
- Cuadro N° 04: Centros Poblados – Distrito de Machupicchu
- Cuadro N° 05: Registro de aluviones y huaycos que afectaron al poblado de Machupicchu
- Cuadro N° 06: Registros Sísmicos para 32 años en zonas cercanas al área
- Cuadro N° 07: Parámetros Del suelo
- Cuadro N° 08: Coeficiente sísmico reprocesado por IGP
- Cuadro N° 09: Catálogo sísmico reprocesado por IGP
- Cuadro N° 10: Calculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en los poblados próximos a Aguas Calientes.
- Cuadro N° 11: Resumen de las características morfológicas de la microcuenca Aguas Calientes
- Cuadro N°12: Resumen de las características morfológicas de la microcuenca Alcamayo
- Cuadro N° 13: Precipitaciones en tiempo de recurrencia – Qda. Aguas Calientes
- Cuadro N° 14: Estimación de Avenidas – Qda. Aguas Calientes
- Cuadro N° 15: Estimación del Tiempo de Concentración – Qda. Aguas Calientes
- Cuadro N° 16: Estimación de Caudales por Numero de Curva – Qda. Aguas Calientes
- Cuadro N° 17: Estimación de Caudales por El Método de Mc Math regionalizado
- Cuadro N° 18: Estimación de las Avenidas – Qda. Alcamayo
- Cuadro N° 19: Estimación del Tiempo de Concentración – Qda. Alcamayo
- Cuadro N° 20: Estimación de Caudales por Número de Curva – Qda. Alcamayo
- Cuadro N° 21: Estimación de Caudales por El Método de Mc Math regionalizado
- Cuadro N° 22: Estimación de las Avenidas – Qda. Alcamayo
- Cuadro N° 23: Ubicación de Calicatas
- Cuadro N° 25: Clasificación de Suelos SUCS
- Cuadro N° 26: Capacidad Portante admisible
- Cuadro N° 27: Registro de Emergencias INDECI periodo 2003-2011
- Cuadro N° 28: Resultados de Análisis Bacteriológico.
- Cuadro N° 30: Proyectos Recomendados ante Peligros Naturales
- Cuadro N° 31: Medidas preventivas que se deberán llevar a la práctica
- Cuadro N° 32: Elementos sobre los que se debe actuar para prevenir un incendio
- Cuadro N° 33: Medidas ambientales para el abastecimiento y control del agua potable
- Cuadro N° 34: Medidas de Salud Ambientales para el Abastecimiento de Agua
- Cuadro N° 35: Parámetro Bacteriológico para el consumo de Agua
- Cuadro N° 36: Medidas de Salud Ambientales para la Disposición de Excretas
- Cuadro N° 37: Criterios para la Instalación de Letrinas
- Cuadro N° 38: Medidas de Salud Ambientales para el Manejo de Residuos Sólidos
- Cuadro N° 39: Medidas de Salud Ambientales para la promoción de la higiene
- Cuadro N° 40: Indicadores de Hábitos de Higiene
- Cuadro N° 41: Acciones para la Instalación de Campamentos
- Cuadro N° 42: Proyectos Recomendados ante Peligros Tecnológicos

## **INDICE DE MAPAS**

### **MAPAS REGIONALES**

MAPA A:	MAPA REGIONAL
MAPA B:	SISTEMA URBANO REGIONAL
MAPA C:	SISTEMA VIAL REGIONAL
MAPA D:	GEOLOGICO REGIONAL
MAPA E:	GEOMORFOLOGICO REGIONAL
MAPA F:	HIDROLOGICO REGIONAL
MAPA G:	CLIMATICO REGIONAL
MAPA H:	ECOLOGÍA Y ÁREAS PROTEGIDAS

### **MAPAS LOCALES**

MAPA Nº 1:	Ubicación de la ciudad
MAPA Nº 2:	Satelital
MAPA Nº 3:	Geológico de las Microcuencas
MAPA Nº 4:	Geológico Local
MAPA Nº 5:	Geomorfológico de las Microcuencas
MAPA Nº 6:	Geomorfológico Local
MAPA Nº 7:	Geodinámica de las Microcuencas
MAPA Nº 8:	Geodinámico Local
MAPA Nº 9:	Peligros Geológicos de las Microcuencas
MAPA Nº 10:	Peligros Geológicos Local
MAPA Nº 11.1:	Hidrología Local
MAPA Nº 11.2:	Áreas inundables, erosión fluvial, y flujos de lodo
MAPA Nº 12:	Peligros Hidrológicos
MAPA Nº 13:	Ubicación de Calicatas
MAPA Nº 14:	Clasificación de Suelos SUCS
MAPA Nº 15:	Zonificación Geotécnica
MAPA Nº 16:	Peligros Geotécnicos
MAPA Nº 17:	Peligros Naturales
MAPA Nº 18:	Actividad Antrópica
MAPA Nº 19:	Peligros Tecnológicos
MAPA Nº 20:	Clasificación del Suelo Urbano con Fines de Seguridad Física

## RESUMEN EJECUTIVO

La ciudad Machu Picchu y su entorno presenta sus áreas mayormente ubicadas en zonas de Peligro Muy Alto y Alto y en menor proporción en Peligro Medio, debido a su localización entre dos conos aluviales de las cuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, situación agravada por el desordenado crecimiento urbano.

Las avenidas, desbordes e inundaciones, flujos de lodo y deslizamientos ocurridos en el transcurso del tiempo, especialmente, por las intensas lluvias de Enero y Febrero del 2010 que afectaron a la población, infraestructura y actividades económicas del distrito Machu Picchu – Pueblo (ver cuadro de Antecedentes Históricos de Desastres) han puesto de manifiesto la gravedad de la situación generada a través de los últimos años por la inobservancia de las recomendaciones y estudios realizados, generando el aislamiento de más de dos millares de turistas lo que fue una noticia preocupante a nivel mundial con grave perjuicio para la actividad turística de la Región Cusco.

### Antecedentes Históricos de Desastres en Machupicchu

FECHA	MICROCUENCA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		
			VICTIMAS	INFRAESTRUCTURA	GEOFORMA
Febrero 1946 A las 19:00 horas	Aluvión en el río Aguas Calientes	Represamiento del río, 20 días después se produjo una réplica, de menor intensidad	No hubo	Arrasó 2 puentes peatonales incluidos el puente de la línea férrea.	Producto de un deslizamiento y al cierre de cauce a 2 Km. aguas arriba se eleva el nivel del río en 2.5 m.
1961 4:00 horas	Aluvión en el río Aguas Calientes	Precipitaciones intensas	No hubo	Dstrucción de algunos muros	Colmato el cauce
05.03.1995 23:30 horas	Aluvión desde la parte alta del río Aguas Calientes,	Precipitación, deslizamiento y represamiento	No hubo 1500 moradores fueron evacuados hacia las laderas	Arrasó 3 puentes, los baños termales y 5 viviendas.	Se eleva el nivel del agua del Aguas Calientes en 2 m y en menor proporción del Alkamayo.
22.12.1997 23:00 horas	Inundación y Aluvión en el río Aguas Calientes	Precedido de una precipitación (5 horas continuas)	No hubo	Afectó el muro de contención de los baños termales	
Febrero 1998	Aluvión del Aobamba	Deshielo y desembalse de una laguna en el circo glaciar del nevado Salcantay		Dstrucción de la Central Hidroeléctrica de Machupicchu y la ciudad de Santa Teresa	Levantamiento del cauce del río Vilcanota
Marzo 1998	Aluvión en el río Aguas Calientes	Precipitación, deslizamiento y represamiento en la parte alta	No hubo	No hubo mayores consecuencias	
10.04.Abril 2004	Aluvión en el río Alkamayo	Intensas precipitaciones Represamiento en la parte media	11 muertos.	6 viviendas afectadas. El puente de la línea férrea fue arrasado	Se profundiza y ensancha el cauce del río
26.04.2007	Aluvión en el río Aguas Calientes	Intensas precipitaciones, deslizamiento y Represamiento	No hubo	No hubo mayores consecuencias	Se ensancha y llena de escombros el cauce del río.
23.03.2009	Caída de bloques de roca	Bolonería suelta Caída del cerro Media Naranja	No hubo	05 viviendas	Se tumba árboles y se deja desprotegido todo el tramo de caída
04.02.2010	Inundación y socavamiento de cauce del Río Vilcanota	Intensas precipitaciones a nivel Regional	03 Muertos registrados a nivel del Santuario	Más de 3 decenas de viviendas afectadas, 02 Puentes, y varios tramos de la plataforma de la línea férrea destruidos y decenas de hectáreas de terrenos de cultivo inundados.	Cambio geomorfológico en los flancos, riberas y a lo largo del lecho del río Vilcanota.

Fuente: Sistema Nacional de Preparación y Atención de Desastres-SINPAD

El INDECI viene desarrollando Estudios a través del Programa Ciudades Sostenibles, con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible de las ciudades y centros poblados del país incorporando la Gestión del Riesgo de Desastres en la planificación y el ordenamiento territorial, identificando las zonas más seguras para su crecimiento y densificación, así como los proyectos y medidas de preparación y mitigación necesarios para reducir los niveles de riesgo ante desastres.

La ejecución del citado Estudio, que comprende Mapas de Peligros de origen Natural y Tecnológico, Clasificación del Suelo con Fines de Seguridad Física, Fichas de Proyectos, Pautas Técnicas y Medidas de Mitigación, es de vital importancia en el ámbito de la ciudad de Machu Picchu – Pueblo y su entorno urbano.

Su ejecución se realizó a través del Programa Ciudades Sostenibles del INDECI, en coordinación con la Municipalidad Distrital de Machupicchu, convocándose a un Equipo Técnico Multidisciplinario conformado por profesionales especialistas en planificación urbana, geología, geotecnia, hidrología, medio ambiente y sistemas de información geográfica.

La ciudad de Machupicchu pertenece al distrito de Machupicchu, provincia de Urubamba y departamento del Cusco, ubicada a una distancia de 112 Km. al noroeste de Cusco, en el distrito de Machupicchu en el valle del río Vilcanota en la confluencia con las quebradas del río Aguas Calientes y Alcamayo; sus coordenadas son 13° 09'10" de latitud sur y de 72° 31'00" longitud oeste, tiene una extensión territorial de 271.44 Km<sup>2</sup> a nivel distrital.

La conformación geológica de la ciudad de Machupicchu se encuentra dada por rocas metamórficas del Ordovícico Medio (formación San José) que aflora en la naciente del río Aguas Calientes, Intrusivos grano dioríticos del Permo-triásico (Batolito de Machupicchu) que aflora en la mayor parte del área de las cuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo; también afloran depósitos cuaternarios, que cubren el basamento rocoso, éstos son los depósitos de cono aluvial, donde se asienta la ciudad de Machupicchu, y los depósitos coluvio aluviales, fluvio aluviales, eluvio coluviales y depósitos morrénicos.

Geomorfológicamente la zona de estudio está ubicada entre dos unidades geomorfológicas regionales, la Cordillera Oriental y la Depresión Interandina las cuales están conformadas por sub unidades como valles, laderas y cumbres.

Los estudios técnicos realizados en el proyecto han sido los referidos a la geología geodinámica, hidrología, geotecnia, medio ambiente y peligros tecnológicos con el fin de obtener los Mapas de Peligros de origen natural y tecnológico, siguiendo la Metodología del Programa Ciudades Sostenibles para la obtención de los datos y su posterior análisis y diagnóstico.

El riesgo sísmico está basado en el análisis histórico de los sismos registrados ocurridos en la zona y el análisis determinístico realizado en función de la zona sísmica y la ubicación de las fallas activas, arroja una máxima de VII en la escala de Mercalli la cual coincide con los datos de sismos registrados.

De los estudios geodinámicos en la zona de estudio y particularmente en la parte media a baja de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo se ha identificado, entre otros fenómenos,

deslizamientos antiguos y activos y zonas propensas a deslizar, estos últimos constituyendo un peligro latente pues su activación puede provocar un represamiento cuyo desembalse afectaría la ciudad de Machupicchu.

También se han detectado peligros asociados a deslizamientos, caídas de bloques y rodamiento de bolonería de gran dimensión en las zonas de las márgenes de la ciudad y los pies de laderas de los cerros que circunscriben a la zona poblada.

Los peligros de origen geológico - hidrológico de mayor incidencia en el área de estudio son las inundaciones y aluviones, que afectan por tramos ambas márgenes de los ríos Aguas Calientes, Alcamayo y río Vilcanota. En estas márgenes no se respeta la faja marginal y las viviendas ubicadas sobre ellas son consideradas como zonas de Peligro Muy Alto. El peligro de inundación u aluvión se puede incrementar por los desembalses ya mencionados.

Realizados los cálculos hidrológicos se tienen los siguientes resultados:

Las avenidas del río Aguas Calientes fueron estimadas para periodos de retorno o intervalos de recurrencia de 5, 50 y 500 años

	Caudal Q = m <sup>3</sup> /seg		
	T = 5 años	T = 50 años	T = 500 años
Río Vilcanota	170.11	803.39	2435.74
Río Aguas Calientes	32.2	60.7	81.7
Río Alkamayo	10.65	20.60	28.00

Efectuada la simulación, se establece que el lecho del río Vilcanota es suficiente para soportar, sin dificultad, una avenida de 200 años de intervalo de recurrencia ( $Q_{200}=1618.30 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Cuando se consideran los caudales correspondientes a la avenida de 500 años de periodo de retorno, algunas secciones del río resultan insuficientes y dan lugar al desborde del agua, provocando la inundación de la zona adyacente. La simulación también permite estimar las velocidades del flujo en el cauce, las que varían entre 2 y 8 m/seg.

Efectuada la simulación, se establece que la sección de la quebrada Aguas Calientes es suficiente para soportar una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia, sin dificultad; es decir, si el flujo que circula a través del río fuera únicamente agua, no se presentarían problemas de inundación. Sin embargo, si se presentara un aluvión con arrastre sólido considerable, se perderían las características geométricas originales del canal y se produciría una inundación en la zona sur de la ciudad, formando una especie de cono de deyección que tendría lugar en los 200 m. finales del río Aguas Calientes, antes de su entrega al río Vilcanota.

Efectuada la simulación, se establece que la sección de la quebrada Alcamayo es suficiente para soportar una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia, sin dificultad; es decir, si el flujo que circula a través del río fuera únicamente agua, no se presentarían problemas de inundación. Sin embargo, si se presentara un aluvión o un fenómeno similar que incrementara el caudal con un arrastre sólido considerable, se perderían las características geométricas originales del canal y se produciría una inundación en la parte final del río, formando una especie de cono de deyección que tendría lugar en los 50 m. finales del río Alcamayo, antes de su entrega al río Vilcanota.

Esta posibilidad, en el río Alcamayo, se ve incrementada por la presencia, en diversos lugares del cauce, de zonas altamente erosionadas que, evidentemente, aportan considerablemente el gasto sólido; razón por la cual, en el modelamiento, se ha considerado una elevación considerable del lecho del río (hasta de 3 m en algunos lugares), por efecto del arrastre sólido.

Desde el punto de vista hidrológico, los peligros que amenazan la población de Aguas Calientes, lo constituyen las lluvias intensas y las inundaciones. El régimen de precipitaciones pluviales en la zona es alto, alcanza los 2000 mm anuales y, en consecuencia, pueden presentarse lluvias intensas, especialmente en la temporada de lluvias, que amenacen la cobertura y los techos de las viviendas y provoquen inundaciones tanto en el interior de las casas como en la vía pública, Aunque el lecho del río Aguas Calientes es suficiente para drenar su cuenca, si se presentara un aluvión o un fenómeno de embalse como el que se registró históricamente, y que provocara un arrastre sólido considerable, que disminuyera las secciones transversales del río, cubriéndolas de lodo y piedras, se presentarían inundaciones en el tramo final del río.

Para el estudio geotécnico se han excavado 10 calicatas en el ámbito de la ciudad, los suelos predominantes en la población de Machupicchu (Aguas Calientes) sector urbano y zona de expansión son principalmente suelos arenosos tales como SM(Arena Limosa con grava ), SP SM(Arena mal graduada con limo y grava ) SW(Arena bien graduada con grava), SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava), GP(Grava mal graduada con arena) SP(Arena mal graduada con grava), con presencia de bolones y bloques de rocas graníticas. Los suelos se encuentran como matriz entre los bolones y bloques que se presentan distribuidos caóticamente.

Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en el siguiente cuadro:

CALICATA	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	Descripción	AASHTO
C -01	37.59	48.5	13.91	NP	NP	NP	SM	Arena Limosa con grava	A-1-a
C - 02	23.6	56.55	19.85	NP	NP	NP	SM	Arena Limosa con grava	A-1-b
C - 03	29.48	61.74	8.78	37.19	NP	NP	SP-SM	Arena mal graduada con limo y grava	A-1-a
C - 04	30.34	67.67	1.99	NP	NP	NP	SW	Arena bien graduada con grava	A-1-a
C - 05	27.87	64.11	8.02	NP	NP	NP	SW-SM	Arena bien graduada con limo y grava	A-1-a
C - 06	63.87	34.92	1.21	NP	NP	NP	GP	Grava mal graduada con arena	A-1-a
C - 07	11.28	87.65	1.07	NP	NP	NP	SP	Arena mal graduada con grava	A-1-a
C - 08	41.81	56.71	1.48	NP	NP	NP	SP	Arena mal graduada con grava	A-1-a
C - 09	22.94	62.98	14.08	NP	NP	NP	SM	Arena Limosa con grava	A-1-a
C - 10	24.27	73.73	2	NP	NP	NP	SW	Arena bien graduada con grava	A-1-a

Con los parámetros geotécnicos de capacidad portante admisible se ha realizado el Mapa de Zonificación Geotécnica para la ciudad de Machupicchu (sector urbano) y se ha establecido la conformación de tres zonas, los cuales se presentan en el PLANO DE CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS, de acuerdo a la siguiente descripción:

Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 0.50 a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>, entre los que están considerados los sectores entre el Puente Alcamayo y Hotel Killincho.

Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 2.5-5.00 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando los sectores de taller de Municipalidad de Machupicchu, calles de la ciudad, Hotel Inkaterra, Estadio Municipal, acceso a aguas termales, y Estación del ferrocarril.

Zonas con capacidades portantes mayores a 5.00 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando los sectores de Planta de residuos sólidos y la zona del Helipuerto.

CALICATA	UBICACIÓN	Ø	c	γ	Qa (Kg/cm <sup>2</sup> )
C -01	Taller de Municipalidad	31.38	0.20	1.81	3.91
C -02	Deposito residuos sólidos	33.02	0.28	1.77	5.57
C -03	Jardín borde del río	37.23	0.24	1.81	4.15
C -04	Hotel Sumac	36.13	0.20	1.71	3.34
C -05	Puente río Alcamayo	31.38	0.38	1.82	2.13
C -06	Talud Hotel Inkterra	36.87	0.26	1.89	4.14
C -07	Helipuerto	37.60	0.29	2.12	5.02
C -08	Hotel Killincho	31.38	0.29	1.85	2.04
C -09	Estadio Municipal	33.82	0.32	1.79	2.71
C -10	Camino aguas termales	34.61	0.32	1.87	3.12

El Mapa de Peligros Naturales de la ciudad de Machupicchu se ha dividido en 03 niveles de peligro, en función a la ocurrencia de peligros de origen geológico, hidrológico y geotécnico; según la descripción siguiente:

### **Peligro Muy Alto**

Comprende prácticamente un 70 % del cono aluvial donde actualmente yace Machupicchu Pueblo, las laderas disectadas de la margen derecha del río Vilcanota sus cauces erosivos, zona de desbordes e inundaciones en la zona de confluencia de los ríos Alcamayo y Aguas Calientes al Vilcanota, las laderas y vertientes que circundan al pueblo, donde se hallan bolonerías sueltas de diámetros considerables, las zona de caída de rocas en afloramientos rocosos graníticos diaclasados y fracturados, halladas en cierta parte de la ciudad y las partes vertientes superiores a lo largo de las Qdas. Alcamayo y Aguas Calientes y sus zonas de acarcavamiento en la parte superior margen derecha de la Qda. Aguas Calientes también los sectores de las cabeceras de microcuencas se presentan desprendimientos y flujos de material morrénico

### **Peligro Alto**

Constituye el 90 % de la extensión geográfica del área de estudio, especialmente en ambas microcuencas (Aguas Calientes y Alcamayo) desde la divisoria de aguas hasta las partes bajas y cauces donde el relieve presenta laderas disectadas con caída de rocas en la margen izquierda y derecha de las quebradas, así como pequeños espacios halladas en la misma ciudad y el cerro Calvario en la margen izquierda del río Vilcanota ubicada al SW de la ciudad.

### **Peligro Medio**

Constituye un porcentaje mínimo de área geográfica ubicado en el área central urbana, la cual comprende el Estadio, la estación de trenes, el cementerio y parte de los terrenos de Inkterra, constituyéndose como zonas de evacuación ante sismos, inundaciones, flujos de lodo o aluviones que puedan suceder en ambas quebradas.

Los peligros tecnológicos son eventos no naturales y en la zona de estudio se observó la presencia de contaminación de aguas. Para el caso de aguas para consumo humano se ha realizado el análisis bacteriológico del agua que abastece la ciudad de Machupicchu, pudiéndose observar según los resultados que si cumple con los valores establecidos para el consumo humano. Igualmente para el caso de las pruebas físico químicas, los

resultados muestran que todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los valores de límites permisibles para el consumo humano. La contaminación de los ríos es intensa, especialmente en el río Vilcanota, ya que la ciudad no cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas y el río Vilcanota sirve de colector general. La contaminación de gases es generada principalmente por la emisión de gases de los trenes y los autobuses que prestan servicio entre la ciudadela y la ciudad.

La contaminación de suelos se presenta en menor magnitud, puesto que los residuos sólidos son clasificados y transportados por tren, hasta rellenos sanitarios fuera de la ciudad los cuales cumplen con las normas de salubridad. También se ha tratado la contaminación electromagnética, generada por líneas de conducción eléctrica de alto y medio voltaje, antenas de radio, TV y células, se ha identificado zonas donde se puedan generar epidemias, plagas y epizootias como son el Mercado, Centro de salud y algunas clínicas, botaderos de basura clandestinos y zonas donde se evacua las aguas servidas como las riberas del río Vilcanota y laderas perimetrales de la ciudad.

El Mapa de Peligros Tecnológicos de la ciudad de Machupicchu se ha dividido en 03 niveles de peligro en función a la ocurrencia de peligros de origen Antrópico; según la descripción siguiente:

#### **Peligro Muy Alto**

- Peligro por incendios urbanos y explosiones, establecimientos de venta de gas. Comprende el área del establecimiento hasta 25m de radio área de influencia. Se ha identificado la venta de gas en la esquina de la calle Inca Roca y la Av. Hermanos Ayar, que comprende un área del establecimiento hasta 25 m.
- Contaminación de las aguas del río Vilcanota por efluentes domésticos.

#### **Peligro Alto**

- Red eléctrica primaria a lo ancho de calles estrechas; comprende también el área del cableado y el ancho de las calles.
- Transporte de balones de gas en carretillas, por calles estrechas de la ciudad. Comprende hasta 25 m de radio de área de influencia.
- Transporte de sustancias peligrosas, en la avenida Imperio de los Incas y la calle Kori Wakanki; comprende una franja de influencia hasta 50 m. de ancho del eje de la vía férrea.

#### **Peligro Medio**

- Acumulación de residuos sólidos en algunos sectores de la periferia de la ciudad de Machupicchu hasta 5 m de área de influencia.
- Contaminación de gases, en la zona de la vía férrea por el tránsito del tren en la Avenida Imperio de los Incas y la calle Kori Wakanki, así como los vehículos de transporte hacia el Santuario Nacional Histórico de Machupicchu.
- Centros de Salud, boticas y ferreterías comprenden el área de los establecimientos donde se manipulan sustancias químicas.
- Cementerio de la ciudad y su área de influencia a 10 m de la infraestructura.
- Mercado Municipal donde se manipulan sustancias químicas y orgánicas.
- Descarga de aguas residuales hacia las riberas del río Vilcanota provenientes de restaurantes, hoteles, viviendas y locales comerciales.

## **Peligro Bajo**

- Contaminación electromagnética por la presencia de antenas de radio y cable de televisión hasta 25 de área de influencia.

## **Medidas de Mitigación a nivel del peligro geológico**

- a) Se requiere reducir el efecto de los flujos de lodos y detritos de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo mediante la disipación de la energía del material aluviónico que traería un posible avenida; para ello se debe instalar peinetas o retenciones con rieles para capturar el material en varios tramos y reducir los volúmenes de material que llegan a la ciudad. Es necesario además se realice una limpieza del cauce post y previa a las épocas de lluvias para que este sistema funcione adecuadamente.
- b) Para evitar la erosión y socavamiento de las bases de los taludes por las corrientes hidráulicas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo; se requiere la construcción e instalación de muros, gaviones y enrocados para protección de los taludes ante la socavación de sus bases, estos pueden ser tipo andenería escalonada. En las bases de los taludes de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo se presentan estos procesos de erosión pluvial a manera de hilos hidráulicos, que darían lugar a caída de rocas, derrumbes, deslizamientos y reptaciones. Asimismo se debe promover la reforestación con arbustos de raíces profundas y ramificadas para mitigar el efecto de las lluvias.
- c) Es urgente la instalación de una alerta temprana en ambas quebradas, ésta debe de fortalecerse con el monitoreo constante de dos vigías, instalados en casetas en ambas quebradas y en una zona estratégica de la parte media y en temporada de lluvias.
- d) En cuanto al peligro latente de caída de bloques de rocas, es urgente la estabilización, protección y tratamiento integral de las laderas que rodean a la ciudad de Machupicchu. Para ello debe realizarse la instalación de enmallado (a manera de pantallas dinámicas o estáticas) y empernado con pasadores, para las zonas Leonera y Picaso con problemas de arranque de bloques rocosos.
- e) Para las laderas con propensión a caída de rocas, se debe estabilizar la bolonería suelta y desbrozar los bloques de roca con afloramiento total que se encuentren en las vertientes perimetrales de la ciudad de Machupicchu. Además se debe complementar el tratamiento ante caída de rocas con construcción de calzadura de concreto pobre especialmente en las laderas de Media Naranja, Cerro entre ríos, Ecoin, Las Orquídeas y la parte Superior del Mirador.
- f) El monitoreo permanente del socavamiento y desestabilización de laderas por parte de la población para encontrar espacios de ocupación. Co el apoyo y monitoreo a cargo del Municipio Distrital de Machupicchu y SERNANP.

## **Medidas de Mitigación a nivel del peligro geotécnico**

- a) Respetar la faja marginal del río Vilcanota mediante la dación de Ordenanzas Municipales, de manera que las viviendas ubicadas dentro del cauce del río y la faja marginal delimitada como zona de Muy Alto Peligro Geotécnico **sean reubicadas**.

- b) Construcción de defensa ribereña con enrocado de talud de 40°, tal como se propone en la ficha técnica, cuya base es ancha y permite soportar la erosión de la base y el tirante de agua en las crecidas lo que permitiría un mejor control.
- c) Limpieza del cauce del río Vilcanota y de las quebradas de Alcamayo y Aguas Calientes mediante la rotura de bloques de rocas graníticas que se hallan en el cauce del río que crean remansos y oleajes que generan inundación en puntos críticos. Estos cortes o roturas de bloques se pueden realizar en formas y tamaños que puedan servir para la construcción de los enrocados. Este sistema que se propone no impacta el medio ambiente, dado que se debe utilizar cordón detonante y perforación a percusión (con compresoras), de manera que se puede obtener bloques de los tamaños requeridos para la colocación como enrocados.

### **Medidas de Mitigación a nivel del peligro hidrológico**

- a) Se requiere la urgente delimitación de la faja marginal del río Vilcanota y quebradas Alcamayo y Aguas Calientes para recuperar las áreas invadidas del río, siendo necesario la **reubicación de las edificaciones construidas al borde de éstos**, hacia lugares más seguros y proteger la vida y patrimonio de sus pobladores. Si bien no existen espacios para el desarrollo de la ciudad, es preciso ordenar adecuadamente los espacios de la ciudad de Machupicchu hacia aquellas áreas que ofrezcan la mayor seguridad.
- b) Realizar el mantenimiento periódico anual antes del inicio de la temporada de lluvias de los cauces de las quebradas Alcamayo y Aguas Calientes así como el río Vilcanota, asegurando la adecuada descolmatación de escombros, palizadas, bolonerías, desquiches de lechos rocosos que generan remansos y oleajes aguas arriba de la ciudad y en los tramos que pasan por ella, especialmente los materiales de arrastre no consolidados y sueltos del fondo del cauce y de los taludes que pueden ser rápidamente removidos por el agua.

A continuación, se proponen ocho (08) proyectos relacionados con los peligros naturales que impactan en el ámbito urbano/sub urbano de la ciudad de Machupicchu.

### **PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS NATURALES**

<b>Localización</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Aprox. (S/.)</b>	<b>Prioridad</b>
<b>PROYECTO Nº 01</b> CIUDAD DE MACHUPICCHU Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	INSTALACIÓN DE PEINETAS EN LAS QUEBRADAS AGUAS CALIENTES Y MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL, DESCOLMATACIÓN DE AMBAS QUEBRADAS	300,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 02</b> CIUDAD DE MACHUPICCHU Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE MUROS, GAVIONES Y ENROCADOS, PARA PROTECCIÓN DE TALUDES ANTE LA SOCAVACIÓN DE SUS BASES	1 000,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 03</b> CIUDAD DE MACHUPICCHU Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	INSTALACIÓN DE ENMALLADOS Y EMPERNADOS CON PASADORES, PARA ZONAS DE ARRANQUE DE BLOQUES DE ROCAS	1 000,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 04</b> CIUDAD DE MACHUPICCHU Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	CONSTRUCCIÓN DE CALZADURA EN ZONAS DE CAIDAS DE ROCAS SUELTAS	400,000	PRIMERA

Localización	Descripción	Costo Aprox. (S/.)	Prioridad
<b>PROYECTO Nº 05</b> CIUDAD DE MACHUPICCHU PUEBLO Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	EXPEDIENTE TÉCNICO PARA LA RECUPERACIÓN DE LA FRANJA MARGINAL DEL RÍO VILCANOTA, AGUAS CALIENTES Y ALCAMAYO	150,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 06</b> RÍO VILCANOTA, QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	MANTENIMIENTO DE CAUCES DE LAS QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES Y RÍO VILCANOTA	60,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 07</b> RÍO VILCANOTA, QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	SISTEMA DE ENROCADO DE BASE ANCHA PARA PROTECCIÓN RIBEREÑA DE EDIFICACIONES EN EL RÍO VILCANOTA	400,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 08</b>	ROTURA DE BLOQUES MEDIANTE PERFORACIÓN DEL LECHO ROCOSO PARA REDUCCIÓN DE REMANSOS Y OLEAJES QUE GENERAN INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL	800,000	

### **Medidas Preventivas a nivel Tecnológico**

1. Promover alianzas con la Municipalidad Provincial de Urubamba, Gobierno Regional, Dirección General de Salud, entre otras, a fin de articular e implementar un sistema integral de gestión ambiental.
2. Consolidar el ejercicio de la autoridad ambiental a través de la Gerencia de Medioambiente de la Municipalidad, promoviendo una activa participación ciudadana.
3. Fortalecer las capacidades de gestión ambiental para desarrollar mecanismos de carácter técnico, normativo, económico y financiero, con el objetivo de prevenir y controlar los riesgos y peligros ambientales.
4. Asegurar el cumplimiento de las medidas propuestas en los estudios realizados por el Instituto de Defensa Civil - INDECI, incentivando la vigilancia, evaluación y monitoreo, a fin de prevenir los peligros ocasionados por eventos naturales.
5. Apoyar e impulsar la Plataforma Distrital de Defensa Civil - PDDC para una efectiva y coordinada planificación y actuación frente a un desastre o emergencia.
6. Iniciar e impulsar la educación ambiental dirigida a las autoridades y población en general, como punto inicial para establecer diferentes programas de prevención, protección y salvaguarda de los recursos naturales, creando sensibilización y conciencia ambiental.
7. Restaurar las áreas ambientalmente degradadas articulando actividades de los sectores públicos y privados involucrados, de acuerdo a sus competencias y responsabilidades.
8. Priorizar la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales a fin de evitar que la actual evacuación de las aguas residuales sigan contaminando al río Vilcanota.

9. Plantear, diseñar y mejorar las actuales infraestructuras de captación, almacenamiento y distribución del agua potable asegurando su estabilidad y soporte ante la ocurrencia de eventos naturales.
10. Fomentar la participación ciudadana para conocer los problemas que afectan directamente a los pobladores tanto en los aspectos de saneamiento como ambientales del entorno urbano.
11. Propiciar dentro del programa de educación ambiental la reducción y clasificación de residuos sólidos desde su generación en las viviendas, de esta manera la recolección de los volúmenes de residuos serán menores y al mismo tiempo se facilitarán las tareas de clasificación.
12. Fomentar una cultura ambiental entre la población respecto a la protección de los recursos naturales como la protección de bosques nativos en laderas y cabeceras de cuenca, los cuales no deben ser quemados ya que favorecen la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos e inundaciones.
13. Diseñar planes de evacuación ante inundaciones por efecto de las crecidas de los ríos Alcamayo, Aguas Calientes y Vilcanota durante la época de lluvias, que afectaría a las áreas urbanas que se encuentran en las proximidades de estos ríos.
14. Implementar medidas para mitigar los efectos de los contaminantes (ómnibus y tren) del aire sobre la salud de las personas.
15. Establecer e impulsar mecanismos técnico-normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.

A continuación, se proponen cuatro (04) proyectos relacionados con los peligros tecnológicos que impactan en el ámbito urbano/sub urbano de la ciudad de Machupicchu.

### **PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS TECNOLÓGICOS**

<b>Localización</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Aprox. (S/.)</b>	<b>Prioridad</b>
<b>PROYECTO N° 09 CIUDAD DE MACHUPICCHU</b>	ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	35,000	PRIMERA
<b>PROYECTO N° 10 MACHUPICCHU DISTRITO</b>	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN FRENTE A INCENDIOS	30,000	PRIMERA
<b>PROYECTO N° 11 MACHUPICCHU DISTRITO</b>	TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES A NIVEL ESCOLAR Y POBLACIÓN EN GENERAL	20,000	PRIMERA
<b>PROYECTO N° 12 MACHUPICCHU DISTRITO</b>	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RESPUESTA ANTE DESASTRES	60,000	PRIMERA

Finalmente respecto a la Seguridad Física de la ciudad de Machupicchu frente al escenario de Peligros, el estudio propone la aplicación del Mapa de Clasificación del Suelo Urbano con las siguientes recomendaciones (Ver Mapa N° 20 - Clasificación del Suelo Urbano para fines de Seguridad Física):

- a) **Para el Suelo Urbano Consolidado:** Debido a las características de su suelo compacto y buena capacidad de carga, es el único suelo apto de la ciudad, donde la ocupación urbana en su crecimiento vertical no debe exceder los tres pisos de altura de las edificaciones con zapata mínima de 1.5m o zapata corrida. Se deberá controlar el aforo de las áreas de concentración pública como el estadio, la estación ferroviaria, plaza artesanal y cementerio.
- b) **Para el Suelo urbano Consolidado con Restricciones:** área de la ciudad ocupada y consolidada, donde el crecimiento urbano ha seguido una tendencia de expansión hacia las vertientes expuestas a caída de rocas y deslizamientos, así como afectación de las zonas contiguas a los cauces de las quebradas de Aguas Calientes y Vilcanota por aluviones. En estas zonas se debe reducir la densidad poblacional, y restringir la construcción de nuevas edificaciones. Las edificaciones deberían tener como máximo tres pisos de altura, con zapatas cuadradas de 1.50m como mínimo o zapatas corridas.
- c) **Para el Suelo No Urbanizable-Franja de Seguridad Física:** En estas áreas afectadas por erosión, desbordes e inundaciones del río Vilcanota y de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo, no deben permitirse edificaciones y las existentes deben ser reubicadas.
- d) **Para el Suelo No urbanizable de Protección Ecológica:** Las laderas rocosas accidentadas y empinadas de los cerros Media Naranja, las Orquídeas y Calvario que rodean la ciudad, afectadas permanentemente por caída de bloques rocosos, reptación y deslizamientos, e incendios forestales naturales o provocados, y que además constituyen parte del ámbito del Santuario nacional Histórico de Machupicchu, deben protegerse de la ocupación urbana.
- e) **Para el Suelo No Urbanizable de Protección Ambiental:** Los cauces del río Vilcanota y de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo, que constituyen las principales fuentes hídricas que llegan a la ciudad, vienen siendo afectadas por la contaminación de los efluentes líquidos domésticos vertidos directamente, produciendo la disminución gradual de la calidad de sus aguas, por lo que deben protegerse para su recuperación ambiental.

## **INTRODUCCIÓN**

---

## **INTRODUCCIÓN**

Los espacios habitables, en la cuenca del río Urubamba, que incluyen al sector de Macchupicchu son reducidos, debido a una fisiografía agreste y ríos con cauces estrechos, generando que los asentamientos recientes, como es el caso de Aguas Calientes, se ubiquen en zonas afectadas por peligros geológicos y otros peligros naturales como aluviones.

Los poblados y caseríos en el sector de Machupicchu tienen un alta exposición al peligro, incrementada por la actividad geodinámica, debido al desarrollo natural del modelado geomorfológico actual de valles en crecimiento, los mismos que se manifiestan con erosión y transporte de materiales acarreados violentamente por efectos de las fuerzas de gravedad y el agua proveniente de las intensas precipitaciones pluviales que ocurren en Machupicchu, lugar ubicado entre las regiones más lluviosas del país.

Las rocas aflorantes en el ámbito del Estudio y alrededores, son principalmente ígneo intrusivas, dentro de las cuales predominan los granitos, de amplia distribución que forman parte de un gran batolito. Dichas rocas aflorantes son duras y resisten al ataque químico, por lo que son difícilmente erosionadas, prueba de ello es que se presentan escarpas muy pronunciadas con valles cerrados y llanuras fluviales muy estrechas, además sus ríos poseen perfiles transversales y longitudinales de alta pendiente, con una consiguiente geodinámica alta.

Los suelos generados por la descomposición de granitos, son mayoritariamente arenosos, con una matriz arena cuarzosa, mezclada con arcillas orgánicas y ferruginosas. Los suelos son marcadamente friccionantes, que según su ubicación en los valles varían desde eluviales y coluviales. Es característica en los suelos la presencia de bloques y bolones, debido a la permanente caída de bloques y al arrastre de los mismos por los aluviones.

Se ha comprobado un marcado control estructural de quebradas y ríos principales, debido a la existencia de fallas regionales y sistemas de diaclasamientos importantes, algunos de estos sistemas de fallamientos constituyen acuíferos fisurados importantes de la zona y alrededores.

La precipitación en la cuenca del Alcamayo, Aguas Calientes y Vilcanota es una combinación de lluvias orográficas así como de lluvias convectivas locales, dando como resultado una precipitación media anual promedio de  $1.299.5\text{m}^3/\text{seg}$ . con importante generación de caudales en épocas de lluvias, calculada para periodos de retorno de 5 años en  $13.23\text{m}^3/\text{seg}$ . Se ha determinado además que la máxima avenida alcanza los  $13.65\text{ m}/\text{seg}$  para un tiempo de concentración de 2.36 hs un tiempo de retardo de 2.43 horas y un tiempo base de 11.06 horas.

La cohesión de los suelos coluviales es baja, pero mejora por la presencia de raíces de la cobertura vegetal, sin embargo las arcillas orgánicas y limos al saturarse disminuyen su cohesión y su resistencia al esfuerzo cortante y se producen primero los deslizamientos y luego los aluviones (“huaycos”). Dadas las características de los suelos friccionantes en matriz arenosa y arcillas orgánicas, bastará una sobresaturación por subida de los niveles freáticos debido a una intensa precipitación pluvial para que se produzca un aluvión.

Asimismo, debido a la existencia de material susceptible de ser transportado por posibles aluviones, es necesario acondicionar el cauce natural de la mencionada cuenca, procurando que éstos produzcan el menor daño posible a la población asentada en los sectores críticos de peligro. Al respecto, se estima que existen en la cuenca cerca de 10 MMC de material transportado de los suelos, de los cuales solo un 0.10% (100 mil MC) estaría en condiciones de ser transportado en los próximos 100 años, de acuerdo a los datos históricos que indican que la recurrencia es de aproximadamente 10 años para aluviones menores a 10.000m<sup>3</sup> de materiales transportados, pudiendo ocurrir aluviones de mayor volumen en períodos de retorno mayores.

En ese sentido la población de Aguas Calientes debe estar consciente de que habita sobre suelos conformados por materiales de antiguos aluviones, que el proceso evolutivo natural del territorio no ha terminado, por el contrario se encuentra en franco desarrollo y que los aluviones siempre buscarán sus cauces naturales, por lo que será conveniente no asentarse sobre éstos y por el contrario plantear estrategias para evitar daños y pérdidas lamentables de vidas y patrimonio de sus comunidades.

**CAPITULO I: GENERALIDADES DEL ESTUDIO**

---

## **1.1 Antecedentes Del Estudio**

El **Programa Ciudades Sostenibles - PCS**, del **Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI**, en el marco del Proyecto INDECI-PNUD viene desarrollando Estudios en ciudades y centros poblados del país que sufren los efectos de diversos eventos naturales y tecnológicos que ponen en riesgo la vida y patrimonio de su población, contribuyendo al desarrollo sostenible de estos centros urbanos e incorporando la Gestión del Riesgo de Desastres - GRD en la planificación del desarrollo local.

Considerando la importancia de la ciudad de Machupicchu, ubicada en la Provincia de Urubamba, Región Cusco, y su rol de principal destino turístico nacional e internacional, y en vista que es necesario realizar el Estudio Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación de la ciudad de Machupicchu, con la finalidad de orientar el crecimiento y desarrollo de dicha ciudad y su entorno urbano y rural sobre las zonas que presentan las mejores condiciones de seguridad física, así como preservar sus entornos naturales y patrimonio cultural de los efectos de peligros de origen natural y tecnológico, y establecer los proyectos de intervención, pautas técnicas y medidas de mitigación necesarios, el Instituto Nacional de Defensa Civil, a través del Proyecto PER/02/051 Ciudades Sostenibles, ha suscrito el correspondiente Convenio de Cooperación Interinstitucional con la Municipalidad Distrital de Machupicchu, para la formulación conjunta del “Estudio Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación de la ciudad de Machupicchu”.

## **1.2 Objetivos Del Estudio**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar el Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación de la ciudad de Machupicchu, en base a la identificación, clasificación y evaluación de amenazas o peligros naturales a los que se encuentra expuesta el área urbana, las zonas tendientes del crecimiento urbano espontáneo y las zonas de probable expansión urbana; y promover una cultura de prevención de desastres participativa donde las autoridades, los profesionales, los medios de comunicación y la población participativamente impulsen el desarrollo sostenible de la ciudad:

- Determinar las áreas de la ciudad de Machupicchu y su entorno urbano y rural, incluyendo las zonas de probable expansión urbana, que se encuentran amenazadas por fenómenos naturales y tecnológicos, identificando, clasificando y evaluando los peligros que pueden ocurrir en ella, teniendo en consideración la infraestructura de defensa construida a la fecha.
- Identificar las áreas más aptas para la expansión y densificación de la ciudad y su entorno comprendida en el Estudio, desde el punto de vista de la seguridad física del asentamiento y de la preparación ante desastres.
- Identificar Proyectos de Intervención, Pautas Técnicas y Medidas de Mitigación ante peligros naturales y tecnológicos, con énfasis en la Preparación, Respuesta y Rehabilitación, estructurados de manera tal que formen parte de una propuesta de políticas y acciones relacionadas a la Gestión del Riesgo de Desastres, que la Municipalidad Distrital de

Machupicchu, el Gobierno Regional de Cusco y otras instituciones vinculadas al desarrollo urbano de la precitada ciudad deban implementar.

- Incorporar criterios de seguridad física de la ciudad en la actualización y/o complementación de su Plan Urbano Distrital.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los objetivos principales del Estudio son los siguientes:

- Identificar las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la cuenca del río Vilcanota y las microcuencas de los ríos Aguas Calientes, Alcamayo, así como la ciudad de Machupicchu Pueblo.
- Identificar los parámetros y características geotécnicas de los suelos de la ciudad de Machupicchu Pueblo.
- Identificar los datos y realizar los cálculos hidrológicos que determinan los caudales máximos de los ríos y quebradas que ponen en peligro a la ciudad de Machupicchu Pueblo y su entorno urbano.
- Elaborar un documento técnico que tenga como resultado final el Mapa de Peligros de la ciudad de Machupicchu Pueblo, relacionado a la ocurrencia de eventos naturales, fundamentalmente de origen geológico, hidrológico y geotécnico, así como también evaluar los peligros de origen tecnológico o antrópico.
- Identificar proyectos de mitigación ante peligros naturales y tecnológicos de la ciudad de Machupicchu Pueblo.

### **1.3 Descripción Del Estudio**

El Estudio Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres para la ciudad de Machupicchu Pueblo, 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 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 Machupicchu Pueblo, así como sus probables áreas de expansión urbana y los poblados que se asientan en áreas cercanas a la ciudad.

La información bibliográfica y cartográfica digital e impresa empleada para el Estudio, proviene de las instituciones oficiales públicas como el INDECI, IGN, INEI, MTC, SENAMHI, IGP, INGEMMET, COFOPRI y MUN. DIST. MACHUPICCHU.

Las fases de desarrollo del estudio comprendieron:

- Fase de reconocimiento de campo del área de estudio y delimitación del ámbito para levantamiento topográfico, obtención de muestras de aguas, rocas y suelos y caracterización de la geología, hidrología, geotecnia y actividad antrópica en la ciudad de Machupicchu.

El ámbito territorial del presente estudio comprende tres niveles:

- **Ámbito Urbano:** comprende el casco urbano actual de la ciudad de Ollantaytambo.
- **Ámbito Local:** comprende las áreas circundantes a la ciudad y las microcuencas que de Aguas Calientes y Alcamayo que desembocan en el

área urbana de Machupicchu Pueblo. Asimismo el tramo del río Vilcanota pasa por la ciudad.

El ámbito de estudio también comprende aquellas áreas o sectores señalados por el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Machupicchu como de expansión urbana, así como aquellas que por razones técnicas se determinen para este fin, en previsión a la demanda de suelo urbano.

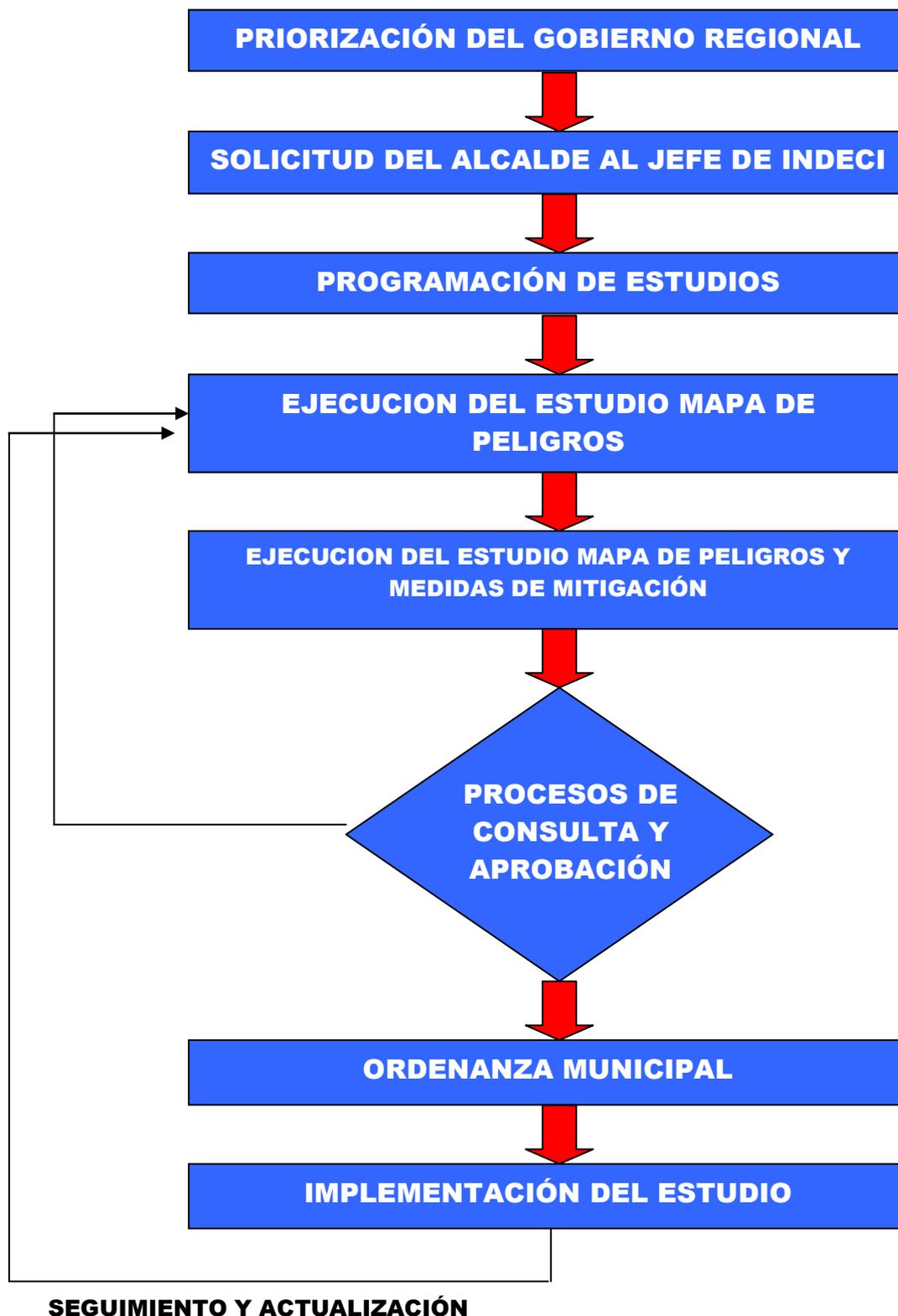
- Fases de Gabinete, para la revisión de información existente, cartografiado y digitalización correspondientes; ensayos de suelos y rocas, análisis de aguas y procesamiento de la data topográfica, así como redacción del informe técnico final.
- Fases de campo, en el ámbito de las microcuencas de las quebradas Aguas Calientes, Alcamayo y río Vilcanota que rodean la ciudad de Machupicchu Pueblo, 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.
- Mesas de trabajo temáticas autoridades locales, instituciones y entrevistas a la población realizadas en la ciudad de Machupicchu Pueblo.

La metodología consistió en la recopilación de información referente a la ocurrencia de peligros naturales y tecnológicos de la ciudad de Machupicchu así como de las quebradas del río Aguas Calientes y Alcamayo en la cuenca del río Vilcanota, luego se realizó una primera visita a la zona para realizar una reunión con las autoridades de la Municipalidad Distrital de Machupicchu, seguidamente se realizaron diversas salidas al campo para realizar los trabajos de mapeo geológico, geotécnico e hidrológico, así como para evaluar los fenómenos que ocasionan los peligros naturales y tecnológicos que ponen en riesgo a la población de Machupicchu Pueblo y su entorno urbano.

La información obtenida en el trabajo de campo fue procesada para preparar los mapas temáticos: geológico, geomorfológico, suelos, geotécnico, hidrológico y finalmente el de peligros naturales y tecnológicos. En 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 los Mapas de Peligros de origen Natural, Mapa de Peligros de origen Tecnológico y Medidas de Mitigación de la ciudad de Machupicchu son los correspondientes “Mapa Síntesis de Peligros” que de acuerdo a los esquemas metodológicos de los estudios del PCS califican y zonifican 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**



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

---

## 2.1 Generalidades

El estudio denominado “**MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LA CIUDAD DE MACHUPICCHU**”, 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 Mecánica de Suelos:** Tienen como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos encontrados en el área de interés.
- **Extracción de Muestras de Rocas:** Para identificación de las propiedades mecánicas, petrográficas y de carga puntual importantes para deducir el fracturamiento, deformación de las rocas y los suelos formados a partir de estas.
- **Levantamiento topográfico:** Para determinar las características topográficas del relieve de la ciudad especialmente del cauce inundable de las quebradas y río circundante a la ciudad.
- **Análisis de Calidad de Aguas:** Para identificar las propiedades físico químico y bacteriológicas del agua de uso poblacional.
- **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 Cartografía Base

La información cartográfica que comprende:

- La Carta Nacional desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional 27-q
- Límites y centros Poblados del INEI Censo 2007.
- Red Vial Nacional, departamental, y vecinal del Min. Transportes y Comunicaciones 2004.
- Catastro de la ciudad de Machupicchu COFOPRI 2010
- Imagen satelital Geoeye 18/5/2008. Google Earth.

## 2.3 Fase de Recopilación de Información Existente

En los estudios de geología, geotecnia, hidrología, medio ambiente y peligros tecnológicos se han recopilado las siguientes informaciones:

- Para el estudio geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional - INGEMMET Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; (1996).
- Estudio Geológico, Geodinámico, y Zonificación de Riesgo de la Cuenca del Río Aguas Calientes: Programa Machupicchu – PNUD: Candia Gallegos Mario. (Noviembre 1998)
- Obras de protección del pueblo de Machupicchu contra aluviones: Programa Machupicchu – PNUD, PROFONANPRE; Apaza I, Dimas. (Julio 1999)
- Vilcanota Valley Slope Monitoring for Flash Flood Prevention: University of Meryland. (May – 2008)
- Estudio Geológico, Geodinámico, Hidrológico, Estructural y Mecánica de suelo del PCV de aguas calientes SERNANP-SHM<sup>2</sup>: SERNANP: Lauro C, Elisban; Garate G, Víctor; Bellido, Luis; Rosales H, Percy; Vigo G, Rudy. (Noviembre 2011)
- Para el desarrollo del estudio hidrológico se ha recopilado la información siguiente:
  - Registros meteorológicos de SENAMHI referentes a precipitaciones. Estación Machupicchu. Fuente: Plan Meris Inka y Min. Del Ambiente
  - Caudales Medios Mensuales del Río Vilcanota Estación Km.105
  - Información de cuencas y subcuencas de la Autoridad Local del Agua ALA.
- Para el desarrollo del estudio de peligros tecnológicos se ha recopilado la información siguiente:
  - Registros de actividades comerciales de oficina de rentas de la Municipalidad Distrital de Machupicchu.
  - Red eléctrica
  - Red de agua – Municipalidad Dist. Machupicchu
  - DIRESA Cusco Incidencias
  - DIRCETUR Cusco Localización de infraestructura hospedería
  - SERNANP Áreas Naturales Protegidas.
  - OSINERGMIN Registro de grifos y venta de gas.
- Para el desarrollo del estudio de geotecnia se ha recopilado la información siguiente:
  - Investigaciones geotécnicas realizadas por la oficina de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Distrital de Machupicchu.
  - Proyectos hidroeléctricos, carreteros en el ámbito de Machupicchu.

#### **2.4 Fase de Investigación De Campo**

En los estudios de geología, geotecnia e hidrología, así como actividad antrópica se han 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 afloramientos rocosos de las laderas de las microcuencas de Aguas Calientes y Alcamayo.

- En geotecnia se realizaron las técnicas de investigación de 10 calicatas o pozos a cielo abierto, según indica la norma técnica ASTM D420. Para cada una de las “calicatas” excavadas en el ámbito de estudio 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” excavadas 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 y microcuencas en estudio.
  - Reconocimiento del cauce principal y de sus afluentes más importantes.
  - Reconocimiento de manantes u otras fuentes de agua.
  - Determinación de perfiles longitudinales y secciones transversales y marcas correspondientes a niveles de agua alcanzados por el río Vilcanota y quebradas Aguas Calientes y Alcamayo.
  - Caracterización de la cobertura vegetal existente.
- En el estudio de peligros tecnológicos se han desarrollado las siguientes actividades:
  - Localización de fuentes de contaminación ambiental (emisiones vehiculares, trenes, residuos sólidos, aguas residuales), contaminación por sustancias químicas (boticas, clínicas, centro de salud, ferreterías, venta de gas), contaminación electromagnética (antenas móviles, transformadores de electricidad, antenas de radio, epidemias (mercados, ferias) entre otros.

## **2.5 Fase de Ensayo de Laboratorio**

### **GEOTECNIA**

Esta etapa se desarrolla para analizar 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, mediante la ejecución de ensayos de laboratorio normalizados que se indican a continuación:

- Densidad de Cono de Arena
- Análisis granulométrico
- Contenido de Humedad
- Límites de Consistencia
- Peso específico
- Corte directo a densidad natural
- Corte directo a densidad máxima
- Consolidación unidimensional
- Sales solubles y sulfatos

Los ensayos estándar de laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en las “calicatas” excavadas, por la empresa ZAENZA, bajo la supervisión del Ing. Ronald Lopez, miembro del Equipo Técnico y especialista en Geotecnia.

### **AMBIENTAL**

Para determinar el grado de contaminación de las aguas uso poblacional se realizó el análisis de cuatro muestras:

- Físico-químico
- Bacteriológico
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO
- Demanda Bioquímica DBQ

## **2.6 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, hidrológico y actividades antrópicas; con el cual se procederá a determinar los fenómenos de origen geológico, geotécnico, hidrológico y de actividad antrópica como fuentes de peligros de mayor importancia en el área de estudio para luego definir el Mapa de Peligros de la ciudad de Machupicchu.

**Diagrama Nº 2**  
**ESQUEMA METODOLÓGICO DE LOS ESTUDIOS PCS**



**1ra Etapa – Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación**

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

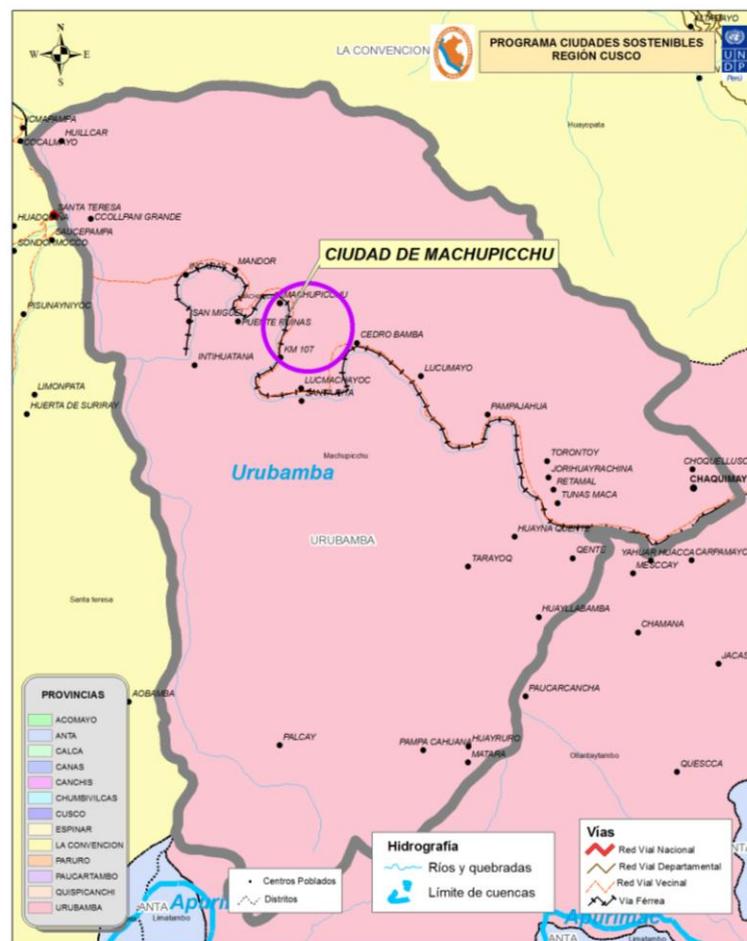
---

### 3.1 Ubicación del Área de Estudio

#### 3.1.1 Localización

La ciudad de Machupicchu se encuentra ubicada a 112 Km. al noroeste de Cusco, en el distrito de Machupicchu en el valle del río Vilcanota en la confluencia con las quebradas del río Aguas Calientes y Alcamayo; sus coordenadas son 13° 09'10" de latitud sur y de 72° 31'00" longitud oeste, tiene una extensión territorial de 271.44 Km<sup>2</sup> a nivel distrital, limitando por el norte con el distrito de Huayopata (Provincia de La Convención), por el sur con el distrito de Mollepata (Provincia de Anta), por el este con el distrito de Ollantaytambo (Provincia de Urubamba), por el oeste con el distrito de Santa Teresa (Provincia de La Convención) y se encuentra a 2,060 m.s.n.m. Machupicchu fue fundada el 01 de octubre de 1941 . **Ver Mapas N° 01 y 02**

Fig. 1 Distrito de Machupicchu



Fuente: PCS-INDECI 2012

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

DISTRITO	FECHA CREACIÓN	ALTITUD	ÁREA	DENS. POB. 2007	POBLACIÓN 2007
Machupicchu	01/10/1941	2,060 msnm	271.44 km <sup>2</sup>	19.5 Hab/km <sup>2</sup>	5,286 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 Machupicchu 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 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. 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. **Mapa A**

**Cuadro N° 2  
REGIÓN CUSCO Y PROVINCIAS**

ÁMBITO	REGIÓN NATURAL	NRO. DISTRITOS	CAPITAL DE LA PROVINCIA	ALTITUD CAPITAL DE LA PROVINCIA
<b>PAÍS</b>		<b>1833</b>		
<b>REGIÓN CUSCO</b>		<b>108</b>		
ACOMAYO	Sierra	7	Acomayo	3221
ANTA	Sierra	9	Anta	3345
CALCA	Sierra	8	Calca	2925
CANAS	Sierra	8	Yanaoca	3910
CANCHIS	Sierra	8	Sicuani	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
<b>URUBAMBA</b>	<b>Sierra</b>	<b>7</b>	<b>Urubamba</b>	<b>2869</b>

Fuente: Gobierno Regional de Cusco

#### A nivel Provincial

Machupicchu pertenece a la provincia de Urubamba, como podemos ver en el cuadro N° 3. La ciudad de Machupicchu es conocida como Ciudad Sol del Perú. Ubicada en las bases de la ciudad Inca.

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

IDENTIFICACIÓN RELACIONAL ( IR )	DEPARTAMENTO PROVINCIA DISTRITO	CAPITAL
<b>08</b>	<b>CUSCO</b>	
0813	URUBAMBA	URUBAMBA
081301	URUBAMBA	URUBAMBA
081302	CHINCHERO	CHINCHERO
081303	HUAYLLABAMBA	HUAYLLABAMBA
<b>081304</b>	<b>MACHUPICCHU</b>	<b>MACHUPICCHU</b>
081305	MARAS	MARAS
081306	OLLANTAYTAMBO	OLLANTAYTAMBO
081307	YUCAY	YUCAY

(\*) 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 MACHUPICCHU**

UBIGEO	Centro Poblado	Categoría	Población	Viviendas	Latitud	Longitud
0813040017	QORIHUAYRACHINA	RURAL	74	19	-13.220997	-72.437951
0813040023	HUAYLLABAMBA	RURAL	108	30	-13.25771	-72.450361
0813040016	CHOQUELLUSCA	RURAL	42	12	-13.203058	-72.397688
0813040024	HUAYRURO	RURAL	2	1	-13.296125	-72.477839
0813040019	TUNASMOCCO	RURAL	9	2	-13.222932	-72.404412
0813040010	INTIHUATANA	RURAL	64	20	-13.17467	-72.550602
0813040001	MACHUPICCHU	URBANO	4446	1061	-13.153375	-72.524174
0813040003	CCOLPANI GRANDE	RURAL	81	24	-13.132153	-72.581383
0813040022	TARAYOC	RURAL	41	10	-13.24123	-72.434268
0813040025	PAMPACCAHUA	RURAL	39	11	-13.301047	-72.479752
0813040012	LUCMACHAYOC	RURAL	4	1	-13.18283	-72.51834
0813040026	PALCCAY	RURAL	3	2	-13.295492	-72.518493
0813040006	SAN MIGUEL	RURAL	3	2	-13.161506	-72.553227
0813040008	CEDROBAMBA	RURAL	9	4	-13.168683	-72.502487
0813040002	HUILLCAR	RURAL	21	5	-13.109456	-72.593385
0813040005	MANDOR	RURAL	14	3	-13.147449	-72.538326
0813040004	INCARACCAY	RURAL	6	2	-13.147691	-72.443632
0813040007	PUENTE RUINAS	RURAL	88	3	-13.162962	-72.53699
0813040018	TORONTOY	RURAL	3	1	-13.224518	-72.412579
0813040015	RETAMAL	RURAL	15	5	-13.195126	-72.450922
0813040021	QUENTE	RURAL	21	5	-13.230752	-72.452088
0813040028	PROGRESO	RURAL	29	7	-13.134427	-72.586442
0813040031	CAJONNIYOC	RURAL	46	14	-13.139303	-72.582212
0813040033	HATUNCHACA	RURAL	36	8	-13.245997	-72.437946
0813040029	HUAYNAPATA	RURAL	9	2	-13.134603	-72.566349
0813040030	PACAYPATA	RURAL	9	2	-13.135602	-72.576689
0813040032	CHILCAPATA	RURAL	8	2	-13.1423	-72.572518
0813040038	CAMANTI	RURAL	8	4	-13.142476	-72.580802
0813040039	CARRILLUCHAYOC	RURAL	7	2	-13.137541	-72.577159
0813040040	CCOLLPANI LAJA	RURAL	13	3	-13.146589	-72.578922
0813040045	CHOQUE SUYSUY	RURAL	1	1	-13.180136	-72.519582
0813040045	CHAQUIMAYO	RURAL	7	2	-13.212039	-72.39773

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

De acuerdo al resultado del Censo de Población y Vivienda del 2007 del IENI, la población distrital es:

Población urbana: 4,446 Hab.

Población rural: 1,061 Hab.

Población flotante: 2,500 turistas/ día (Fuente: PDU-Machupicchu)

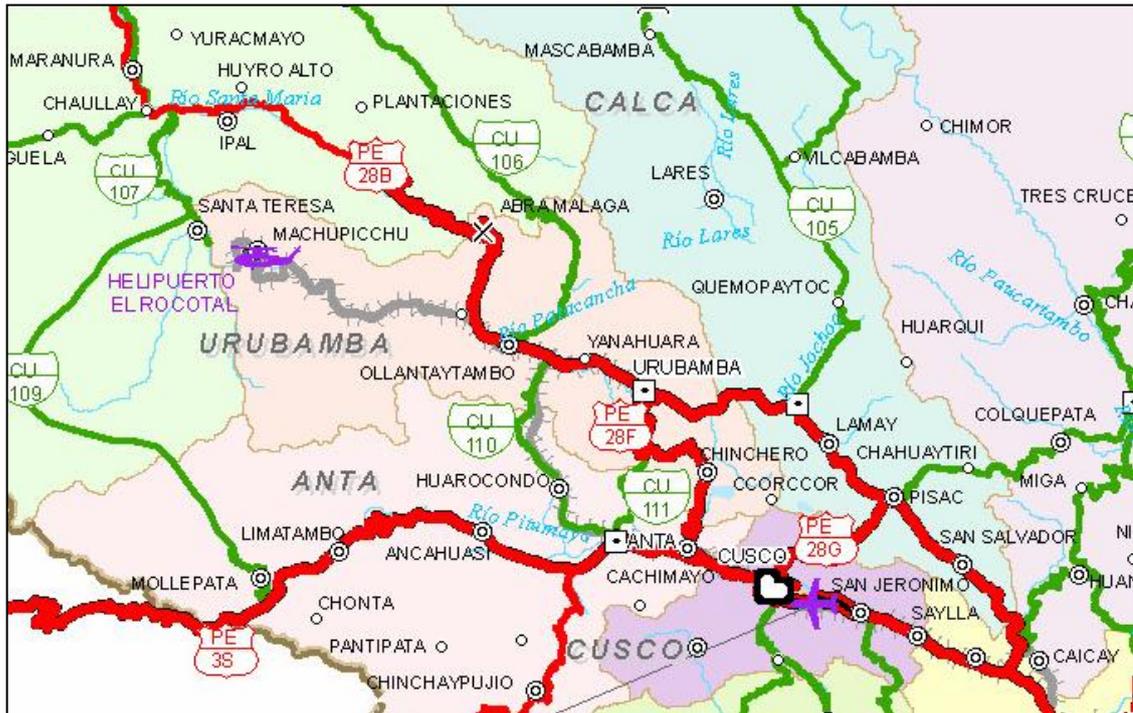
### 3.1.3 Accesibilidad

La ciudad de Machupicchu se articula con la ciudad del Cusco mediante un sistema ferroviario que une estos dos centros turísticos:

**Sistema de Tren Directo** Ruta: Cusco / Machupicchu Distancia: 110 km.  
Tiempo de Viaje: 03 horas 30 minutos Frecuencia: Diaria en distintas alternativas de clases de tren, horarios y tarifas. **Mapas B y C**

**Sistema bimodal (Carretero + Ferroviario)** Ruta: Cusco / Ollantaytambo  
Distancia: 77 km. por carretera asfaltada Ruta: Ollantaytambo / Machupicchu  
(33 km. por vía férrea) Tiempo de Viaje: 03 horas Frecuencia: Diaria en distintas alternativas de clases de tren, horarios y tarifas Los accesos a las comunidades del distrito son mayormente peatonales. La única red vial del tren no permite una accesibilidad a los centros poblados y caseríos que se encuentran distantes de la capital del distrito y distantes de algunas estaciones intermedias del tren. (Fuente: PDU-Machupicchu 2011-2020)

**Fig. 2** Accesibilidad a la ciudad de Machupicchu desde el Cusco



Fuente: Mapa via del Cusco, I MTC

## 3.2 Aspectos Físico Geográficos y Ambientales

### 3.2.1 Fisiografía y Relieve

La zona de estudio políticamente se halla ubicada en el distrito de Machupicchu, perteneciente a la provincia Biogeográfica de las Yungas, conocido también como selva alta o ceja de selva, correspondientes a las selvas de montañas húmedas, de transición entre las formaciones ecológicas de la sierra y las selvas de tierras bajas, donde el río Vilcanota o Urubamba atraviesa la Cordillera Oriental del sur del Perú, denominada localmente Cordillera Vilcabamba y forma el cañón del Urubamba, teniendo como tributarios principales en la zona de Machupicchu Pueblo, los ríos de Alcamayo y Aguas Calientes, donde yacen cumbres importantes que conciben un conjunto de valles glaciares en U, con gran volumen de material morrénico, donde se evidencia desglaciaciones antiguas y recientes que marcan el límite Norte del Santuario Histórico de Machupicchu, abordando así una geodinámica considerable.

Ambas quebradas se caracterizan por presentar terrenos elevados y accidentados, con paredes rocosas sumamente escarpadas y pendientes que superan el 90 % y a la base terrenos con pendientes más suaves y con una vegetación densa, cuyos flancos

en ciertos tramos presentan zonas acolchadas y movidas producto del acumulamiento de material orgánico.

Entre las principales geoformas desarrolladas en estas quebradas se tiene, a los circos y valles glaciares, morrenas que corresponden a formas de acumulación, pendientes empinadas a muy empinadas, colinas, cumbres, acantilados, valles colgados, laderas, etc. Véase la figura N°3, donde se aprecia el relieve de las cuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo. **Mapa D y E**



**Foto 01:** Fisiografía de Machupicchu pueblo.

Fuente: Panoramio – Google Earht

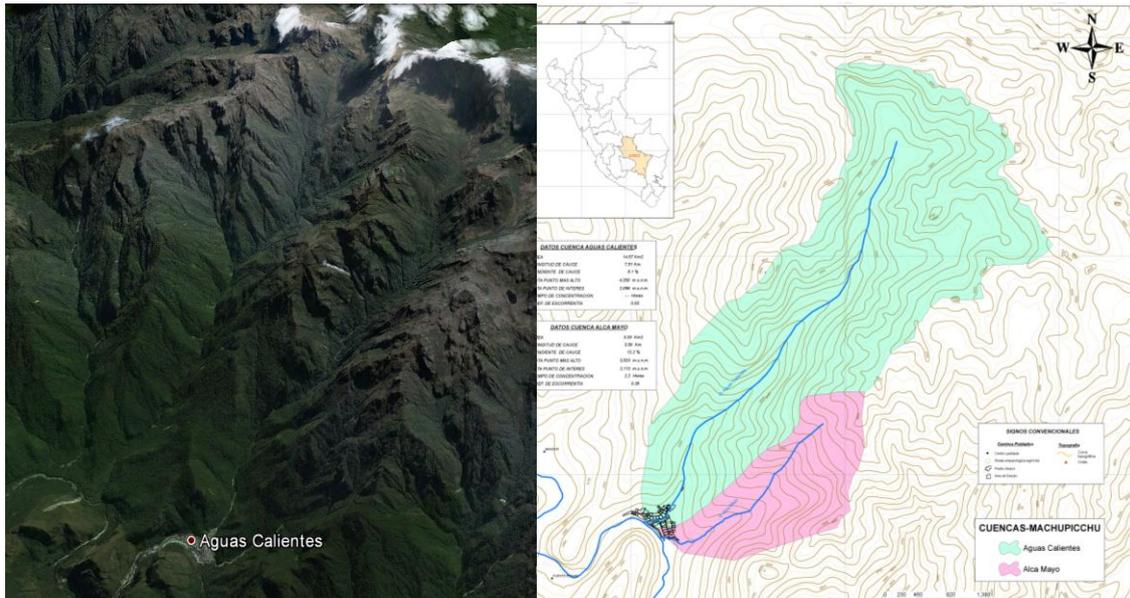


**Fig. 3** Relieve de las cuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo.

### 3.2.2 Hidrografía

Las principales fuentes hidrográficas de la ciudad de Machupicchu lo constituyen los cuerpos de agua del sistema hidrográfico del río Vilcanota dentro de este, las microcuencas de Aguas Calientes y Alcamayo controlan el régimen hídrico de la ciudad, al igual que numerosos manantiales ( o manantes) y ríos subterráneos de los cuales surgen estos últimos. **Mapa F**

Fig. 4 Sistema Hidrográfico de Machupicchu Pueblo

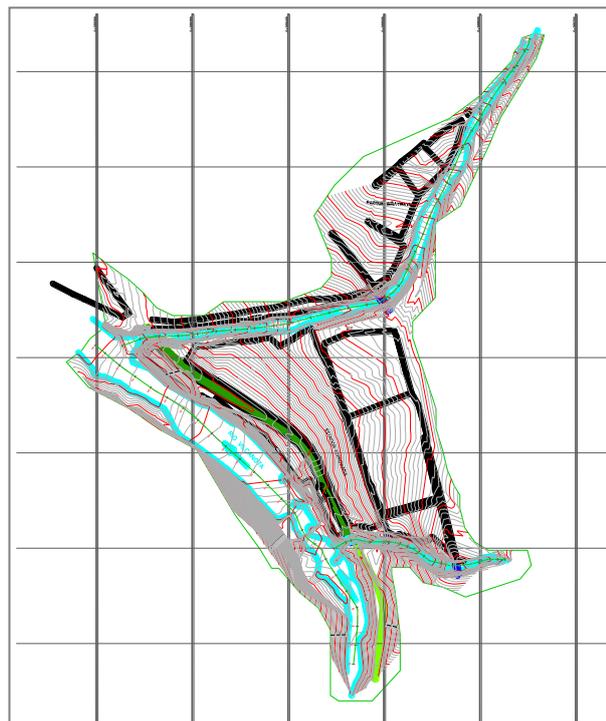


Fuente: Imagen Geoeye-Anexo Mapas PCS Machupicchu

### 3.2.3 Topografía y tipo de suelo

Los suelos de Machupicchu son fluvio aluvionales y coluviales, están desarrollados sobre una topografía de pie de monte en las escasas zonas de relieve inclinado de las laderas montañosas empinadas y accidentadas con cotas que van desde los 2,070msnm en los cauces bajos y 2,143 msnm en el área urbana y laderas que la rodean.

**Fig. 5**  
Levantamiento topográfico de la ciudad de Machupicchu con curvas de nivel a 0.5mts (Trabajo de campo PCS Machupicchu)



### 3.2.4 Clima

La configuración climática se halla bajo la influencia macro climática de grandes masas de aire provenientes de la selva sur oriental del Altiplano e incluso de la lejana Catania. Los vientos de la selva sur implican inmensas masas de aire cargadas de humedad, que son impulsadas por los vientos alisios del oriente. **Mapa G**

Los vientos que llegan del Altiplano peruano son fríos y secos al igual que los provenientes de la Patagonia, o ingresan por la zona sur oriental de la región.

Por otro lado, las condiciones geomorfológicas de la región, generan condiciones mesoclimáticas y microclimáticas con muchas variaciones espaciales y temporales.

Localmente las condiciones atmosféricas de la ciudad de Machupicchu son las de clima templado y húmedo con sensación de calor en el día y fresco en las noches. Las lluvias estivales se presentan entre Diciembre a Marzo mientras la estación seca es de Abril a Noviembre.

**Foto 02:** Condiciones atmosféricas en Machupicchu pueblo en estación húmeda.

Fuente: Panoramio (Google Earth)



### 3.2.5 Ecología y Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas se consideran como zonas ecológicas que tienen un reconocimiento legal cuyas condiciones de uso ya están determinadas según la categoría y que se presentan en el ámbito del Estudio del Mapa de Peligros de la ciudad de Machupicchu. **Mapa H**

#### **Santuario Histórico de Machupicchu.**

En 1983 la UNESCO lo declara como Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad, la finalidad de creación es la de proteger las especies en vías de extinción, como el oso de anteojos (*Tremarctosornatus*) y el gallito de las rocas (*Rupicula peruviana*), así como los complejos arqueológicos presentes.

Las montañas Machupicchu y Huayna Picchu son parte de una gran formación orográfica conocida como Batolito de Vilcabamba, en la Cordillera Central de los Andes.

Con relación a la cobertura vegetal dominante en la unidad, corresponde a Bosques húmedos de montaña, en cuyas partes altas se encuentran diferentes especies de Poáceas alto andinas. En las partes bajas se observan enormes y antiguos árboles como el aliso (*Alnusjorullensis*), el pisonay (*Erythrinafalcata*), el nogal (*Junglansneotropica*), el intimpa (*Podocarpusglomeratus*), el quishuar

(*Buddlejaincana*), el queñual (*Polylepisracemosa*), el cedro (*Cedrelasp.*) y muchos otros que cubren las quebradas y orillas boscosas. Abundan las orquídeas que florecen alternadamente a lo largo del año, tanto en zonas abiertas como en la espesura boscosa. Entre las más bellas figuran: *Masdevalliabarlaeana* y *Maxillariafloribunda*. Los usos recomendados son conservación e investigación básica y aplicada, el turismo y recreación se realizan de acuerdo a la zonificación propia del Santuario y los lineamientos establecidos por su plan maestro.

Fig. 6

MAPA DEL SANTUARIO HISTORICO DE MACHUPICCHU



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano 2011-2020. Municipalidad Distrital de Machupicchu



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano 2011-2020. Municipalidad Distrital de Machupicchu

### 3.2.6 Recursos Naturales

#### Recurso Hídrico

El potencial hídrico a lo largo y ancho de la región se sustenta en su posición geográfica y en sus características geomorfológicas, geológicas y climáticas que condicionan el almacenamiento y escurrimiento de grandes volúmenes de agua, en forma de nevados, ríos, riachuelos, lagunas, manantiales, aguas termales, depósitos temporales, cochas, bofedales, afloramientos de aguas subterráneas, deshielos, etc.

Actualmente, este potencial se orienta mínimamente a cubrir requerimientos de agua para el riego y utilización i/o explotación de recursos hidrobiológicos, la utilización de su cauce como medio de transporte fluvial y además como generadora de energía (hidroeléctrica).

En general, el régimen de los ríos está fuertemente ajustado a la distribución estacional de las precipitaciones y por otro lado a los deshielos provenientes de los principales glaciares.

#### Recurso Suelo

Para la determinación y la interpretación del potencial del recurso suelo se tomó como base el Reglamento de Clasificación de Tierras, según su Capacidad de Uso Mayor establecido por el Ministerio de Agricultura del Perú, aprobado según Decreto Supremo número 0062 del año de 1975; del mismo modo se ha empleado el esquema metodológico para la Clasificación de Tierras, propuesto por INRENA.

##### ***a. Tierras aptas para cultivo en limpio***

Son suelos de calidad agrológica media, con muy pocas limitaciones que restrinjan su uso y sin problemas de manejabilidad, de excelente productividad bajo un manejo acertado y regular fertilidad natural.

##### ***b. Tierras aptas para cultivo permanente***

Suelos cuyas condiciones ecológicas no son adecuados para la remoción periódica (no arables) y continuada del suelo, pero que permiten la implantación de cultivos perennes, sean herbáceas, arbustivas o arbóreas, estas tierras podrían dedicarse también a otros fines (forestal, protección y pastoreo) siempre y cuando se obtenga rendimientos económico superior a su aptitud natural.

##### ***c. Tierras aptas para pastos***

Son los que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para el cultivo en limpio o permanente, pero que permiten su uso continuado o temporal para el pastoreo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso.

##### ***d. Tierras para producción forestal***

Son tierras que no reúnen las condiciones ecológicas requeridas para su cultivo o pastoreo, pero permite su uso para la producción de maderas y otros productos forestales, siempre que sean manejadas en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del suelo, estos suelos pueden soportar también plantaciones de cultivos permanentes pero requieren el uso de tecnologías adecuadas para conservar el suelo.

### ***e. Tierras de protección***

No reúnen condiciones ecológicas mínimas requeridas para el desarrollo de actividades productivas ni extractivas, se incluyen dentro de esta categoría, picos nevados, pantanos, playas, laderas fuertemente inclinadas, aunque cubiertas con vegetación incluso de tipo boscoso, su uso está fuertemente restringido por la fragilidad de los suelos y su alta susceptibilidad a los procesos erosivos.

Los suelos de aptitud agrícola ya sea para cultivo en limpio o permanente en conjunto constituye el 2.07 % de la superficie regional (1 498.55 Km<sup>2</sup>), y de estos suelos su calidad agrológica está entre media a baja; existe un potencial asociado entre cultivos y pastos que agrega al potencial agrícola de la región un 1.34 % más de diferentes calidades y asociaciones representa el 15.93 % de la superficie regional, de este total el mayor porcentaje corresponde a los pastos de calidad agrológica baja.

Otro potencial importante es el referido al forestal, en conjunto representa el 13.60 % de la superficie regional, aunque su calidad agrológica es mayormente baja y asociado a protección, por lo que el desarrollo de actividades forestales extractivas está fuertemente limitado, debiendo ser dedicada al contrario al manejo sostenible de bosques.

Más del cincuenta por ciento de las tierras del Cusco pertenece a las comunidades campesinas, pero de las 364,601 hectáreas de tierra agrícola, sólo el 14.755 está bajo riego, menos de la mitad de la media nacional, que es de 31.59%. Estas cifras grafican la precariedad de la agricultura cusqueña, sometida a los caprichos del clima y con resultados previsiblemente pobres. No obstante, Cusco ocupa el primer lugar en la producción de té, achiote, cacao y café y presenta cifras apreciables de otros productos, como haba en grano, olluco, kiwicha y maíz amiláceo.

## **Recurso Forestal**

### ***a. Zonas de aptitud forestal.***

Las áreas con mayor vocación forestal se localizan en superficies significativas en la parte norte del departamento, como en parte de la cuenca del Bajo Urubamba y en menor medida en la parte oriental en las cuencas de Pillcopata y Araza. Asimismo, se encuentran áreas de aptitud forestal en sectores de sierra, que se presentan dispersas mayormente en laderas de las cuencas del Vilcanota-Urubamba, Apurímac y Yaveró.

Las zonas de aptitud forestal más representativas del departamento son las de calidad agrológica media a baja, cuya mayor limitación está referida al factor topográfico por la presencia de áreas disectadas y pendientes fuertemente inclinadas o empinadas.

### ***b. Potencial forestal***

Está basado en la presencia de especies maderables como caoba, cedro y tornillo, contienen también un alto potencial de especies y productos no maderables, como hojas de palmera para construcción de techos de viviendas, plantas medicinales, alimentos y material para artesanías.

## **Cobertura Vegetal**

La Región del Cusco se sitúa fitogeográficamente entre la región Andino y Amazónico; presentando a lo largo de su territorio una variedad de características fisiográficas, climáticas y edáficas, las cuales favorecen el desarrollo de una diversidad de

formaciones vegetales; desde una vegetación de puna compuesta por pastizales, seguida de una vegetación de matorrales y bosques que se desarrollan sobre los valles interandinos hasta los bosques perennifolios muy húmedos que se ubican en la selva alta y selva baja.

De estas 19 unidades de cobertura vegetal las unidades más representativas para la Región Cusco son: el bosque húmedo montañoso que ocupa el 28.01 % del total de la superficie regional, seguido en importancia por el pastizal y césped de puna representa el 24.66 %, la tercera más importante unidad de vegetación viene hacer las áreas de intervención antrópica, que se extienden sobre el 18.80 % del territorio regional.

La región Cusco presenta dentro de su territorio una gran diversidad de ecosistemas vegetales los cuales están relacionados con la gran variación fisiográfica, climática y edáfica que presenta.

## **Recurso Minero Energético**

### ***a. Zonas de aptitud minero energético.***

Se encuentran dentro de la jurisdicción de las provincias de Espinar y Chumbivilcas así como en Quispicanchi y la Convención, el potencial está referido a yacimientos tipo skarn de Cu y Fe; también ocurre ocasionalmente estructuras vetiformes pequeñas, cupríferas y polimetálicas.

Otras zonas de aptitud minera están representadas por la mineralización en los volcánicos Miocénicos del grupo Tacaza, caracterizado por filones argentíferos, principalmente con sulfosales de plata en ganga de cuarzo, acompañados por cantidades subordinadas sulfuros poli metálicos. Estos filones están relacionados a cuerpos subvolcánicos que alcanzan longitudes que a veces superan los 1000 m.

La producción minera gira alrededor de tres productos: cobre, plata y oro. La mayor empresa extractora es Tintaya, que produce principalmente cobre. El sector viene experimentando un ligero crecimiento que se puede observar en el siguiente cuadro:

### ***b. Potencial minero energético.***

En cuanto al potencial energético (petróleo y gas), la parte noroeste del departamento constituye una gran estructura natural de trampas de hidrocarburos con excelentes características que posibilitan la presencia de grandes yacimientos petrolíferos y gasíferos, los que actualmente se encuentran en exploración y explotación como el yacimiento gasífero de Camisea.

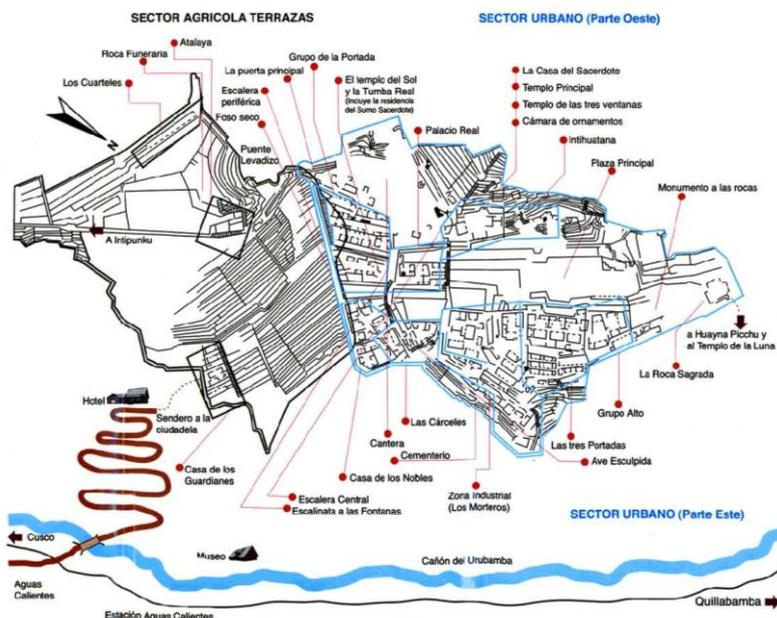
## **Recurso Turístico**

### ***a. Potencial turístico.***

La zona de mayor potencial turístico constituye la parte alta del Valle Sagrado, debido a la gran riqueza arqueológica que posee complementado por la belleza paisajística del área así como las facilidades de acceso y comunicación.

Fig.7

PLANO DE LA CIUDAD INCA DE MACHUPICCHU



Otra zona de alto potencial, lo constituye la zona comprendida en la cordillera del Vilcabamba, el cual incluye los dos restos arqueológicos más importantes del departamento, Machupicchu y Choquequirao, enmarcados por el conjunto paisajístico de nevados y bosques nublados.

Dentro del turismo cultural y de aventura las áreas de montaña y nevados como del Ausangate y la cordillera del Urubamba constituyen otra punto de interés en el departamento.

**Biodiversidad**

El territorio cusqueño constituye uno de los espacios más diversos y poco conocidos del país, las especiales características geomorfológicas, geológicas y climáticas de su territorio, posibilitan una alta biodiversidad.

**a. Diversidad ecológica**

La complejidad ecológica de la región se refleja en el número de zonas de vida presentes en su ámbito territorial, así se tienen definidas 28 zonas de vida de las 84 que se encuentran en el Perú.

En el territorio cusqueño se encuentran ecosistemas reconocidos a nivel mundial por su altísima diversidad de especies como la selva baja y la selva alta, donde la diversidad específica llega a su máxima expresión.

**b. Diversidad de especies**

A pesar de no tenerse estudios e inventarios completos y actualizados sobre la composición florística y faunística del departamento se tienen diversas investigaciones y estudios que han sido realizadas en diferentes zonas de la región.

La diversidad de especies de plantas es elevada, estudios específicos en la zona del Bajo Urubamba, determinan 251 especies arbóreas en una hectárea de bosque, con más de 1500 individuos (Alonso, et al. 2001). En otro estudio de las tierras bajas del Bajo Urubamba, se registraron 603 especies distribuidos en 74 familias y 272 géneros.

En cuanto a la fauna los estudios aunque dispersos, la riqueza de aves en las áreas del Bajo Urubamba, pueden igualar o tal vez exceder la de habitats equivalentes en la Reserva de Biósfera del Manu, considerada como una de las áreas más diversas de aves en el mundo. El último reporte de aves registradas para el Bajo Urubamba, indica que se tienen 420 especies en siete lugares de muestreo en 135 días. Esto resulta superior a los registros de aves en el Parque Nacional del Manu, con 415 especies en un periodo de siete años de inventario.

Otro grupo biológico muy diversos lo constituyen los mamíferos, los registros indican 181 especies y hacen que se considere el mayor número de especies en un área en los trópicos, los murciélagos son los más diversos con 68 especies, seguido de roedores con 18 especies y marsupiales con 17 especies. Comparado con la diversidad de otras regiones como el Manu (91) y Barro Colorado en Panamá (77), la diversidad es inmensamente superior.

En cuanto a los grandes mamíferos, se tienen registrados 64 especies, valor superior a los registros en el Manu (60 especies).

Los anfibios (sapos y ranas) y reptiles (lagartijas y culebras) son muy diversos en la región, tan solo en el Bajo Urubamba se han registrado 74 especies de anfibios y 84 de reptiles

La ictio fauna registra igualmente una gran diversidad, entre Atalaya y Camisea se registraron 118 especies, esta diversidad incluye un gran número de especies de interés alimenticio para las poblaciones humanas de la zona.

En cuanto a los artrópodos, los estudios todavía son muy preliminares para cuantificar la real riqueza que posee la zona, estudios muy puntuales en la zona del Bajo Urubamba indican que se tienen 71 especies de arañas, 20 especies de ortópteros (saltamontes y grillos), 98 especies de coleópteros (escarabajos), 121 especies de hormigas, y 264 especies de mariposas diurnas y 101 de nocturnas, los que hace que la zona sea tal vez la zona más diversa de mariposas del mundo.

**CAPITULO IV: ESTUDIOS BÁSICOS**

---

#### 4.1 Geología del Área De Estudio

Los antecedentes para determinar un plan de mitigación de desastres acompañada de un conjunto de mapa de peligros y medidas de mitigación antes desastres generados por movimientos en masa, para la ciudad de Machupicchu Pueblo son varios, gran parte realizados por instituciones estatales y particulares como EGEMSA, SERNANP, INGEMMET, programa Machupicchu para el PNUD, este último con una gama de estudios, así como los proyectos internacionales UJUPACHA hecho por Italianos o la instalación de Dilatómetros y modelamiento de flujos realizado por Japoneses, proyecto de instalación de alerta temprana realizada por la Universidad de Maryland EEUU, entre otros.

Para la elaboración del presente estudios se hizo uso de mapas bases de la carta geográfica nacional del Instituto Geográfico Nacional - IGN, registros de ciertas variables hidrometeorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI y las cartas Geológicas Nacionales del Instituto Geofísico Minero Metalúrgico – INGEMMET y del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP.

Por razones antes expuestas sujetas a los movimientos en masa suscitados en la zona ; es necesario contar con un documento que permita tener una zonificación de peligros de variado origen: Geológico, Geodinámico, Hidrológico, Meteorológico y Geotécnico, tanto para el área urbana, la cual se halla en una expansión demográfica desordenada y su área ecológica conformada por las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo, ello dentro del marco del PROYECTO INDECI – PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES que desarrolla el presente estudio denominado: *MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES*.

##### Generalidades

La zona de la ciudad de Machupicchu y la cuenca de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, están formadas en su mayoría por unidades geológicas de rocas ígneas intrusivas, dioritas y cuarzodioritas del batolito Machupicchu, en menor proporción se encuentran rocas metamórficas como pizarras y cuarcitas de las formaciones Ollantaytambo y San José, 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. **Mapa Nº 03 y 04**

Geomorfológicamente la ciudad de Machupicchu y los poblados del distrito están asentados en una depresión Interandina formada por la erosión de los ríos de carácter juvenil que discurren por la cuenca y principalmente por la erosión producida por el río Vilcanota, formando así laderas empinadas de muy alta pendiente y pisos estrechos. En la zona norte se ubican picos nevados pertenecientes al sistema de nevados de la Verónica. **Mapa Nº 05 y 06**

El área de estudio tiene una actividad geodinámica muy alta, que pone en riesgo a la ciudad, se caracterizaron deslizamientos, derrumbes, Flujos de detritos y erosión de causes, esto se debe, a la presencia laderas altas a muy altas pendientes y principalmente a la alta intensidad pluvial de la zona. **Mapa Nº 07 y 08**

En la zona de estudio se ha caracterizado y zonificado las zonas de Muy Alto Peligro Geológico, Alto Peligro Geológico y Medio Peligro Geológico, tomando en cuenta el nivel de peligrosidad de los fenómenos geodinámicos que ponen en riesgo a la ciudad. **Mapa Nº 09 y 10**

### **Objetivos particulares**

- El proyecto busca la mitigación de los desastres naturales y la protección de la población en su integridad física, así como también, la conservación de los ecosistemas de la zona, la cual pertenece al Santuario Histórico natural de Machupicchu, en la cual habitan especies de flora y fauna protegidas por el estado.
- Elaboración de un conjunto de mapas Geológicos a nivel local y regional con zonificaciones de áreas sensibles.
- Identificar y caracterizar las zonas más sensibles halladas en toda la zona de estudio.
- Localizar y clasificar los principales peligros de origen natural
- Plantear medidas de estabilización y protección del materia parental (matriz rocosa)
- Realizar un estudio de las micro cuencas alta, media y baja del Alcamayo, Aguas Calientes y propio Machupicchu pueblo.
- Establecimiento de puntos de monitoreo, que puedan ser sugerencia para la ubicación de los equipos de alerta temprana.
- Implementación de medidas para el control de erosión laminar del suelo y pérdida de la biodiversidad, por efectos de zonas de inestabilidad.

#### **4.1.1 Geomorfología**

##### **Geomorfología Regional**

La zona de estudio se sitúa dentro de la Cordillera Oriental, en un sector de engrosamiento importante de la cordillera, debido a grandes cuerpos intrusivos así como el Batolito de Machupicchu – Vilcabamba; prueba de ello es que existen unidades con elevaciones muy importantes, tales como: Nevado Salkantay (6277m.s.n.m.), Nevado Chullunku (5800m.s.n.m.) al SE del Poblado de Aguas Calientes, la Verónica (5700m.s.n.m.) al E. **Mapa N° 05**

Regionalmente esta unidad abarca casi la totalidad del cuadrángulo de Machupicchu, constituida por rocas metamórficas del Paleozoico Inferior, intrusivos permo – triásico y sedimentario del paleozoico superior; esta unidad es atravesada por el río Vilcanota, que se dirige de Sur - Este a Nor - Oeste, aprovechando las debilidades estructurales de los materiales.

El río Vilcanota es considerado juvenil por su tormentosidad y geofoma (Tramo Chilca - Santa Teresa), presenta un recorrido en forma de meandro de piso de valle muy angosto y laderas muy empinadas, esta característica se debe principalmente a que en el tramo Chilca – Santa Teresa el río Vilcanota corta al batolito de Machupicchu; tiene valles transversales empinados debido a la erosión fluvial y glaciaria, en gran parte controladas por estructuras de dirección N – S. Entre los valles transversales de la vertiente N - E del Vilcanota tenemos: Misquipujio, Torontoy, Chaquimayo, Pampaqhawa, Cedrobamba, Aguas Calientes, Alcamayo, Mandor, Lucumayo, Yanamayo; en la vertiente S - W tenemos: Aobamba, Chachabamba, Choq'suysuy, Pacaymayo, Cusichaca. Ver la Figura N°8.

La cabecera de la microcuenca de Aguas Calientes en el pasado fue alimentado por parte de la cadena de nevados “Pitusiray – La Verónica” (Pitusiray con 5100 m.s.n.m, Canchajasa con 4984 m.s.n.m, El Chicón con 5530 m.s.n.m, Sirihuani con 5399 m.s.n.m, Capacsaya con 5044 m.s.n.m, Pumahuanca con 5330 m.s.n.m, Halamcoma con 5367 m.s.n.m, La Verónica con 5682 m.s.n.m, Huajaihuillca con 5361 m.s.n.m y el Bonanta con 5369 m.s.n.m) que se desarrollaron sobre el Grupo San José (INGEMMET 1999).



Fig. 8 Vista del recorrido del río Vilcanota en el tramo Chilca – Santa Teresa. Fuente Google Earth.

Regionalmente la zona de estudio se divide en dos grandes unidades morfoestructurales las que se describen a continuación:

#### a.- DEPRESIÓN INTERANDINA

Esta unidad geomorfológicamente comprende los valles longitudinales interandinos de dirección NO – SE, ubicados entre la cordillera Occidental i Oriental, los cuales son cortados por valles transversales de rumbo NE a SO.

Su formación está relacionada al fallamiento andino longitudinal desde el nudo de Loja (Ecuador), hasta el nudo de Vilcanota (Cusco), pasando por el nudo de Pasco en el centro del Perú, el fallamiento longitudinal controla el drenaje regional, a cuyo sistema pertenecen los ríos Marañón, Mantaro, Apurímac y Vilcanota. Ver la figura N° 4

Dentro de esta unidad geomorfológica localmente se caracterizan sub unidades como:

- Fondo o Piso de Valle del Vilcanota.
- Terrazas aluviales.
- Laderas de pendiente empinada.

### b.- CORDILLERA ORIENTAL

La Cordillera Oriental constituye una de las unidades geomorfológicas más relevantes del territorio peruano, esta unidad tiene de Sur a Norte del Perú un rumbo paralelo a la cordillera Occidental.

La Cordillera Oriental menos elevada que la cordillera Occidental, salvo en su sector meridional, siendo su relieve en general más abrupto, especialmente es sectores donde la cortan transversalmente los ríos Mantaro, Marañón, Apurímac y Vilcanota. Ver la Figura N° 9

Dentro de esta unidad geomorfológica localmente se caracterizan sub unidades como:

- Fondo o piso de valles glaciares.
- Picos montañosos de la cordillera Oriental.

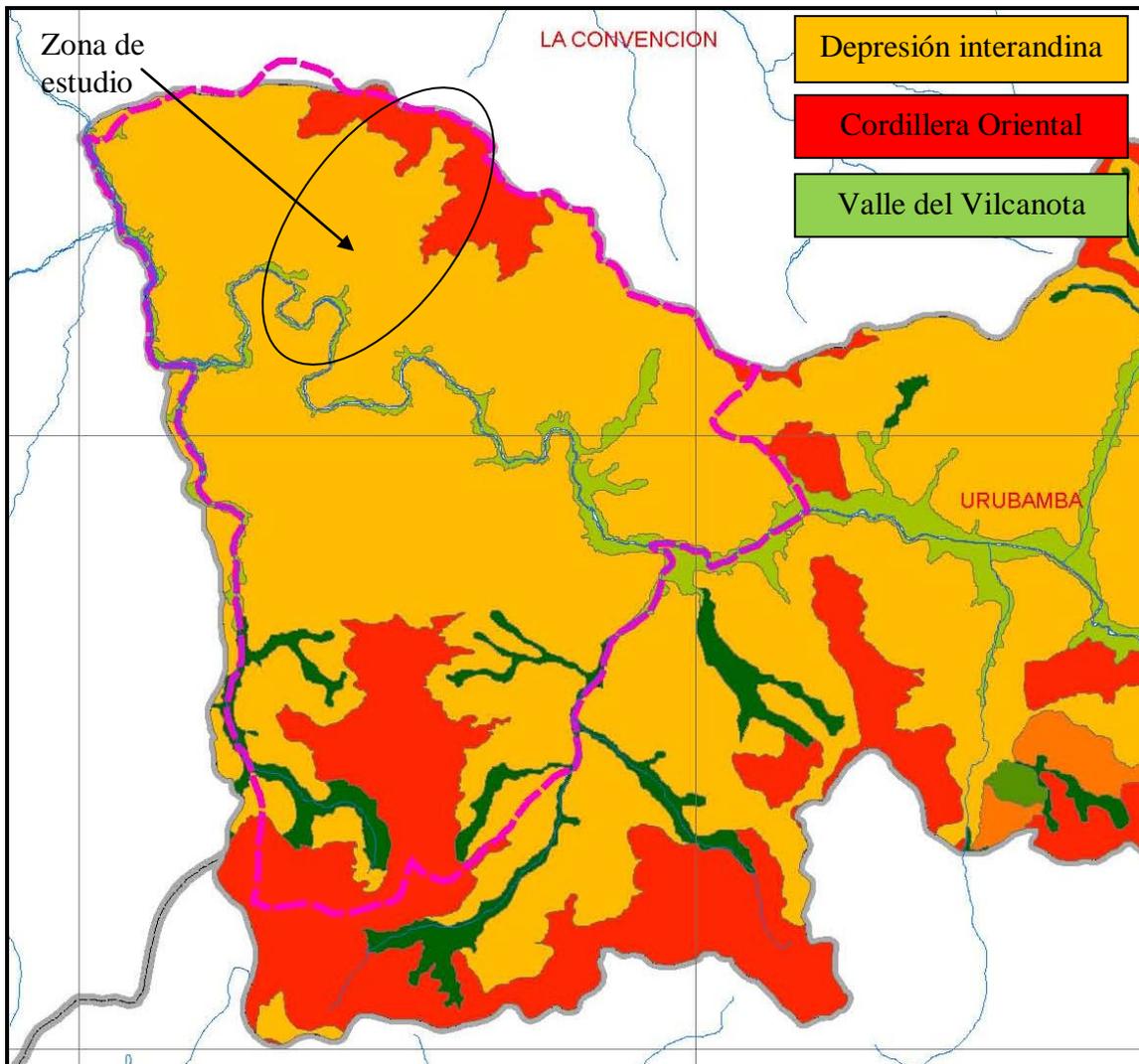


Fig. 9; Mapa Geomorfológico regional.

### Geomorfología Local

El análisis geohistórico de la zona de estudio muestra que la modificación del relieve ha sido controlado por el batolito de Machupicchu, donde predominan rocas intrusivas como son: Granodioritas, Cuarzodioritas, Dioritas y Granitos, etc. y los sistemas de fallas regionales E-O, NO-SE, NE-SO, sobre los cuales la zona geográfica es característica

de altas precipitaciones pluviales, donde la infiltración produce cambios en el estado de presiones internas. Estos cambios corresponden a una respuesta del sistema hidrogeológico del suelo a la ocurrencia de las precipitaciones desarrollando zonas de vertientes montañosas, laderas empinadas y zonas de conos aluviales al pie de las quebradas. Ver Figura N° 10

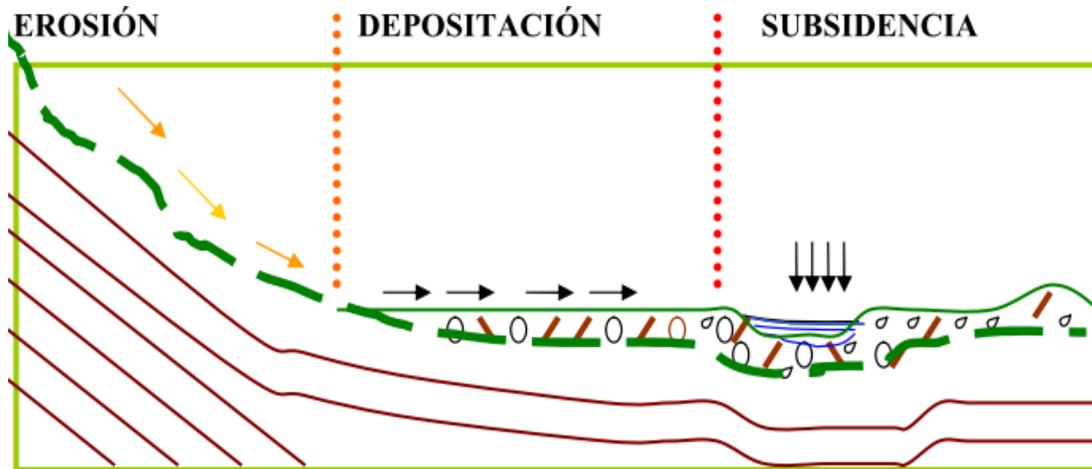


FIG. 10, vista de los procesos de formación del valle del río Vilcanota.

El ámbito del estudio, que viene a ser las cuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo se han caracterizado y zonificado las siguientes sub unidades geomorfológicas. **Mapa N°06**

#### a.- PISO DE VALLE DEL RIO VILCANOTA

El río Vilcanota es el colector principal de la gran cuenca hidrográfica del mismo nombre. El valle con piso recortado los conos aluviales que han rellenado el cauce del río Vilcanota, así como depósitos fluviales que han formado un valle encañonado, cuya erosión fluvial ha formado pequeñas terrazas por las grandes dimensiones de los materiales arrastrados en su cauce, y que son inundadas en época de crecidas máximas, hacia la zona de la ciudad de Machupicchu presenta un desnivel de 10 a 30 m. con el cauce del río Vilcanota, producto de la profundización vertical y migración del río, el cual ha socavado la superficie dándole el aspecto actual. Litológicamente están constituidos por material fluvio aluvial conformado por gravas de clastos de hasta varios metros de diámetro dispuestos en forma caótica envueltos en una matriz limo arenosa.



Foto 03 y 04, Vista del piso de valle del río Vilcanota, véase lo angosto de su piso.

## **b.- TERRAZAS ALUVIALES**

En la margen derecha a la llegada de la ciudad de Machupicchu se observa dos ríos tributarios en la margen derecha, conformadas por los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, a su desembocadura, predominan depósitos correspondientes a varios eventos aluviales.

El cuerpo de la morfoestructura se extiende hacia el noreste y es de amplia extensión y baja inclinación formando terrazas escalonadas, Se extiende desde la cota aproximada de 2080 m.s.n.m. que corresponde al límite con el río Vilcanota, hasta las partes bajas de las laderas empinadas que circundan a la ciudad, hasta la cota promedio de 2150 m.s.n.m. Litológicamente en el curso de sus deposición hace que exista diversas formas de sedimentación encontrándose desde depósitos semiconsolidado hasta sueltos de materiales heterogéneos (guijas, bloques, rodados, gravas, arenas y limos).



**Foto 05 y 06** vista de la terraza aluvial o cono de deyección del río Aguas Calientes y Alcamayo, sobre el cual se asienta la ciudad de Machupicchu.

## **c.- LADERAS EMPINADAS DE LA DEPRESIÓN INTERANDINA**

Son formas de relieve de gran magnitud, que se extienden circundantes a la ciudad de Machupicchu, presenta pendientes empinadas a muy empinadas de origen glacio-estructural típicos de relieves cordilleranos y montañosos, que configuran una topografía accidentada, con vertientes superiores a 40% y más de 1,000 m de altura entre la cima y el nivel de base. Esta morfo estructura se formó esencialmente durante la fase de incisión fluvial correlativa al levantamiento andino plio- pleistocénico, cuando las corrientes se encajaron en volúmenes rocosos compactos, determinando el modelado agreste y muchas veces encañonado, como en el valle del río Vilcanota donde sus relieves son bastantes agrestes principalmente en rocas paleozoicos e intrusivos terciarios.



Foto 07 y 08, Vista de las laderas empinadas que circundan la ciudad de Machupicchu.

#### **d.- PISO DE VALLE MORRENICO.**

Se caracteriza por presentar pisos de valle amplios ligeramente ondulados hacia sus vertientes en forma de U, formados por los procesos de erosión glaciár, las pendientes longitudinales tienen un promedio de 20 %, están conformadas por depósitos de morrénicos conformados por gravas de boconería angulosa envueltos en una matriz limo arcillosa.

#### **e.- PICOS MONTAÑOSOS DE LA CORDILLERA ORIENTAL.**

Se registran en las nacientes de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, formadas sobre rocas metamórficas (Pizarras y Cuarцитas), y parte de ellas sobre los graníticos del batolito de Machupicchu, Geomorfológicamente éstos se muestran amplios y pronunciados en cuanto a su pendiente, a sus pies se hallan vasos lagunares que reflejan la gran actividad glaciológica que están tuvieron en pleno cuaternario.

Las laderas presentan pendientes sumamente empinadas, cuya pronunciación llega hasta los 90°, en las faldas de estos picos es común la caída de bloques y rocas formando depósitos sedimentarios de escombros de rocas a manera de conos de deyección, siendo sus agentes la circulación de aguas meteóricas, su grado de fracturamiento, lo que da lugar a acelerar la alteración de los granitos,

### **4.1.2 Geología**

#### **Geología Regional**

Las características geológicas del área de estudio tienen sus orígenes ligados al tectonismo regional iniciado desde el Cretáceo tardío al Mio-Plioceno correspondiente al Ciclo Andino. Estos movimientos formacionales se intercalaron con periodos de estabilidad en donde se produjeron las superficies de erosión características de este territorio.

El tectonismo acontecido es evidenciado en la actualidad por las estructuras geológicas, constituidas por fallas de rumbo, anticlinales y sinclinales que dominan el sector noroeste de la provincia de la convención. En el área afloran unidades lito-estratigráficas intrusivas pertenecientes al pérmico superior - triásico inferior (Batolito de Machupicchu). **Mapa N° 03**

Los depósitos cuaternarios se encuentran acumulados en los conos de deyección de las quebradas, lechos de los ríos y cubriendo en parte a los afloramientos rocosos con una cobertura variable, estos depósitos son de tipo coluvial y Aluvial - fluvial.

### **Geología Local**

Para realizar el mapeo geológico local se utilizó la base cartográfica del IGN a escala de 1/25000, en las cuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo afloran principalmente, rocas ígneas intrusivas (granitos y granodioritas) del periodo Pérmico al Triásico, en la cabecera de la cuenca del río Aguas Calientes aflora rocas metamórficas de la formación San José, pertenecientes al periodo Ordovícico.

De la observación realizada en el batolito de Machupicchu, (cuerpo intrusivo de 400 km<sup>2</sup>) se constató que éste presenta diversos fracturamientos asociados a intrusiones post enfriamiento del magma, presentando diques y sill, ello a nivel local. En el sector Nor Este de la zona en estudio, se observan los fallamientos del Aguas Calientes, con direcciones Este Oeste y Sureste-Noroeste, en la que se observa los depósitos morrénicos. Los procesos de alteración y meteorización de estas fallas han ocasionado un intenso proceso de erosión, cuyos sedimentos se han depositado a lo largo de las quebradas tanto Alcamayo y Aguas Calientes.

Las formaciones rocosas involucradas, han sido afectadas por procesos erosivos muy activos, los cuales han originado una profundización intensa del valle del río Urubamba y sus tributarios, entre ella las cuencas de Aguas Calientes y Alcamayo, donde la dirección y los cambios bruscos en el drenaje, han sido controlados por sistemas de falla y diaclasamientos muy persistentes.

Los depósitos cuaternarios que cubren el basamento rocoso son los depósitos de cono aluvial donde se asienta la ciudad de Machupicchu, depósitos coluvio aluviales, fluvio aluviales, eluvio coluviales y depósitos morrénicos. **Ver Mapa N° 04 y 05.**

#### **a.- FORMACIÓN SAN JOSE (Om-sj)**

De origen marino, data de la era Paleozoica del periodo Ordovisico medio, compuesto por esquistos de coloración gris, verde y negra con piritita diseminada cristalizada. Localizada al NE y S del Santuario Histórico de Machupicchu. (LAUBACHER, 1977; DE LA CRUZ&CARPIO, 1966).

Aflora en la cabecera de la cuenca del río Aguas Calientes, estas rocas se encuentran fuertemente fracturadas y presentan laderas empinadas, dando lugar a la formación de conos de escombros de rocas al pie de los taludes y laderas.

#### **b.- INTRUSIVO PERMOTRIASICO O BATOLITO DE MACHUPICCHU (P-gr)**

En la zona de estudio, este batolito abarca un gran porcentaje de la cuenca del río Vilcanota, ocupa el 72 % de la cuenca del río Aguas Calientes casi en la totalidad de la cuenca del río Alcamayo. Este macizo regionalmente en la zona de estudio tiene una forma alargada de dirección N-S.

Macroscópicamente, las rocas son masivas, con textura fanerítica a veces pegmatítica de grano grueso, leucócratas, compuesto principalmente por ortoclasa, plagioclasa, cuarzo y hornblenda. En este macizo encontramos rocas de diferente naturaleza petrográfica, diferenciadas microscópicamente y que corresponden esencialmente granodioritas, cuarzodioritas y granitos alcalinos. Las granodioritas, tienen textura granular subhedral de grano grueso a medio, con cristales

equidimensionales de plagioclasa sódica (oligoclasa) anhedral a subhedral, medianamente agrietada, además se altera medianamente a sericita. El cuarzo es anhedral, con extinción ondulante, medianamente agrietado y se encuentra rellenando intersticios; la ortoclasa es anhedral a subhedral, en intercrecimiento íntimo con el cuarzo; la microclima es granular o intersticial, a veces contiene esfena y cuarzo, la biotita es anhedral; también se tiene apatito euhedral dentro del cuarzo, plagioclasa y biotita, se altera fuerte o medianamente a óxidos de hierro y clorita; la hornblenda es subhedral y se encuentra débilmente fracturado.

El basamento a lo largo de la margen izquierda del río Vilcanota se encuentra ligeramente diaclasado y con algunos sistemas de fracturamiento con alteración argílica y sericítica de color gris claro a pardo claro, que favorece a la infiltración de aguas meteóricas, provocando alteración de la misma. Las familias principales de discontinuidades presentes tienen orientación irregular: NW y NE en la parte alta y NE y EO en la parte baja.



**Foto 09 y 10**, vista de las rocas graníticas del batolito de Machupicchu aflorando en la margen derecha del río Aguas Caliente cerca a los baños termales.

### **c.- DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

Según el Diccionario Geológico de Jorge Dávila B, (2006), se define como suelo a la “cobertura superficial de la corteza terrestre producto de la alteración de los minerales de las rocas pre-existentes. La formación del suelo implica la meteorización química y física de los minerales primarios dando lugar a nuevos minerales, los que pueden estar mezclados con agua y diferentes materias orgánicas”, Para el caso que nos ocupa, se ha visto por conveniente usar un término más amplio que suelo, al querer involucrar a éstos y a los materiales transportados, como son los que rellenan los cauces actuales de los ríos y laderas.

### **d.- DEPÓSITOS FLUVIO ALUVIALES**

Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño pero de litología homogénea, englobados en una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en las vertientes del territorio montañoso, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas intrusivas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad.



**Foto 11 y 12** Vista de los depósitos fluvio aluviales ubicados en los cauces y terrazas proximas a los ríos Vilcanota (Izquierda) y Alcamayo (derecha).

La litología lo compone rodados, bolones, guijas y gravas de granodioritas, cuarcitas, granitos etc. Con diámetros comprendidos entre 0.03 – 5.00 mts. deficiente gradación, redondeados y soportado por arenas gruesas y limos inorgánicos. Estos depósitos presentan muy bajo sorting y alta densificación con taludes empinados que han soportado los procesos de socavamiento durante crecidas del río Vilcanota.

La Potencia del Material fluvial con respecto al nivel del río llega a profundidades superiores a – 10.00 m. Por el diámetro de los materiales y la morfología de los clastos del material, nos indican que la cuenca presenta importantes crecidas de caudal en épocas de intensa precipitación pluvial provocando colmatación del cauce del río Vilcanota y socavamiento de las partes laterales.

#### **e-. DEPÓSITOS DE CONO ALUVIAL.**

Se encuentran adyacentes al río Vilcanota en las desembocaduras de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, formados por el acarreamiento de materiales por los ríos desde las partes altas de sus cuencas en varios procesos de aluviones antiguos, que a su vez evidencian la fuerte actividad geodinámica de la zona, litológicamente está conformado por gravas de bolonería de diferentes tamaños conformados principalmente por granitos y dioritas envueltos en una matriz areno limosa.



**Foto 13 y 14** , Vista de los depósitos de cómo aluvial formando terrazas de ligera pendiente, sobre las que se asienta la ciudad de Machupicchu.

#### **f-. DEPÓSITOS DE COLUVIO ALUVIALES.**

Se localizan al pie de laderas, como depósitos de pie de monte que circundan a la ciudad de Machupicchu, como en la zona del cerro Media Naranja y el cerro Entre dos

Ríos (Zona de las Orquídeas), también existen estos depósitos en la margen derecha del río Alcamayo, desde la zona urbana hasta la zona del Picaso; en el río Aguas Calientes los depósitos Coluvio aluviales se presentan en la margen derecha entre los Baños Termales hasta la zona baja de la Leonera.

Estos depósitos tiene su origen en antiguos aluviones y depósitos de pie de monte conformados por una mezcla heterogénea de fragmentos y bloques sub angulares a redondeados envueltos en una matriz arenosa de grano grueso con limos y arcilla negras con alto contenido de material orgánico en la superficie.

Los depósitos coluvio aluviales, principal y mayoritariamente está conformado por boconería de granito de hasta 3 m de diámetro, redondeados a sub angulosos material envuelto en una matriz limo arenosa de escasa cohesión, muchos bolones se encuentran salidos sin soporte los que podrían fácilmente rodar ladera abajo generando peligro a las viviendas ubicadas al pie de las laderas.



Foto 15 y 16; Depósitos coluviales en las laderas del Cero Media Naranja y Las Orquídeas.

#### g-. DEPÓSITOS DE ELUVIO COLUVIALES.

Se emplazan en ladera de pendiente fuerte y por lo general provienen de la alteración de las rocas de base y escaso transporte por gravedad, el espesor varía de superficial a poco profundo en las zonas de menor pendiente; litológicamente conformado por clastos de contorno anguloso envueltos en matriz Grava limo arenoso, regular consolidación natural.

A pesar de lo empinado de las laderas y la abundante precipitación pluvial, se puede observar acumulaciones de estos depósitos debido a la abundante vegetación presente en la zona.



Foto 17 y 18; Vista de los depósitos eluvio coluviales ubicados en las zonas medias y altas de las laderas.

## h-. DEPÓSITOS DE MORRÉNICOS

Llamados también Fluvioglaciares, halladas a las cabeceras del río Aguas Calientes, cuyas nacientes se dan en los límites del divortium acuarium, se presentan en la base de los valles glaciares, producto de deshielos antiguos, donde se han formado acumulaciones de bloques, gravas, arenas y arcillas. Estos depósitos formados en los periodos de la glaciación, son muy susceptibles a erosionarse por efecto de las escorrentías del agua, formando cárcavas

## GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las características estructurales más significantes e importantes son las diaclasas y las fallas, siendo estas las que han influido en el modelaje geomorfológico y el aspecto que presenta la zona de estudio.

Las diaclasas son fracturas sin desplazamiento, que se han originado por contracción debidas al enfriamiento del magma durante su consolidación. En el batolito de Machupicchu se han reconocido varios sistemas de direcciones de diaclasas que afectan a las rocas, produciendo un enjambre de fracturas, reflejadas en familias.

Estas estructuras son los principales elementos que dan origen a los fenómenos geodinámicos existentes en toda la zona de estudio

### a-. LAS DIACLASAS

Fracturas sin desplazamiento que debido a sus constantes contracciones, han originado un sistema de fallas, con direcciones de incidencia directa en las rocas, produciendo una maraña de fracturas, como las halladas en las paredes rocosas en la parte media superior de ambas quebradas, dentro de estas familias preponderan las direccionadas de NO-SE, NE-SO y E-O, esta conjunción de planos originadas por diaclasas y fallas dan lugar a una inestabilidad existente en el macizo.

### b-. LAS FALLAS

Fallas de longitudes considerables pero inactivas, con direcciones predominantes de NO-SE, NE-SO y E-O, estas fallas del tipo sinistral son las que atraviesan el cerro Putocusi, de los baños termales, la Leonera y en la parte superior de la cuenca del río Aguas Calientes, quienes inciden en la inestabilidad del granito rocoso.

Esta inestabilidad generada por fallas y diaclasas dan lugar a vuelcos, deslizamientos traslacionales y la constante caída de detritos, jugando un gran papel para ello la meteorización e intemperismo. **Mapa N° 04**



**Foto 19;** vista de intenso diaclasamiento en las rocas graníticas circundantes a la ciudad de Machupicchu.

### 4.1.3 Geodinámica

#### 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 las zonas bajas de las cuencas. **Ver Mapa N° 07 y 08**

La zona litológicamente, está conformada en su mayoría por afloramientos de roca granítica del batolito de Machupicchu, esta roca por naturaleza es muy competente y una de las rocas más resistentes físicamente, no obstante presenta laderas demasiado empinadas y la precipitación pluvial es intensa, en la zona de estudio, en los trabajos de campo realizados, se ha determinado algunas ventajas y desventajas que aceleran o mitigan los efectos de los fenómenos geodinámicos;

Cuadro N° 05

	Ventajas	Desventajas
<b>Basamento Rocoso:</b>		
Batolito de Machupicchu	Rocas muy duras, ocupan casi el 70 % de las cuencas	Muy Fracturadas por procesos de diaclasamientos y fallamiento, propensos a derrumbas y fluir.
Rocas Metamórficas	De moderada dureza, muy alejadas de la ciudad	Muy fracturadas, presentan planos de esquistosidad, propensas a derrumbar.
<b>Suelos:</b>		
Terrazas de cono aluvial	Gravas con matriz arenosa de regulares propiedades geomecánicas	Presentan pendientes moderadas a altas, escasa cohesión.
Aluvio Coluviales		Terrazas colgadas en las márgenes de los ríos y pie de taludes, propensas a ser socavadas y deslizar
Eluvio Coluviales	Suelos de poco espesor con abundante cobertura vegetal	Propensas de deslizar por encontrarse en laderas de alta pendiente.
<b>Geoformas:</b>		
Pisos de valle		Muy estrechos los ríos producen socavación lateral y de fondo.
Laderas		Muy empinadas, propensas a deslizar y derrumbar.
Precipitación Fluvial	Intensa, favorece la mantención de la vegetación.	Intemperiza la roca del basamento propiciando la degradación química y física.
Cobertura Vegetal	Abundante cobertura vegetal.	Las raíces de ciertos arboles propician el fracturamiento de las rocas.
Red Hidrográfica		Caudalosa y torrentosa, de pendiente muy alta, propicia Inundaciones, socavación lateral, deslizamientos y aluviones.

En la cuenca se han desarrollado los fenómenos geodinámicos siguientes:

**a).- DESLIZAMIENTOS.-**

Son movimientos de masas de suelo y/o roca que se deslizan, sobre una o varias superficies de rotura, al superar la resistencia al corte de los materiales que los conforman; la masa generalmente se desplaza en conjunto, debido principalmente a la gravedad, fracturamiento de la roca, sobresaturación por infiltración de aguas de lluvia o por influencia de la napa freática y socavación lateral de las márgenes de los ríos comportándose como una unidad en su recorrido, la velocidad es variable, pero en su mayoría suelen ser procesos rápidos y alcanzan grandes volúmenes.

En algunos casos cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de ladera (por su pérdida de resistencia, contenido de agua o por la pendiente existente) la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas dando lugar a flujos de lodo y roca; en otros pueden ser muy lentos, movimiento que solo es percibido por las fisuras que aparecen en las plataformas de carretera y/o canales de riego.

Dependiendo de la edad con la que cuentan estos fenómenos, en la cuenca se han identificado 03 tipos de deslizamientos:

- Deslizamientos antiguos, fenómenos que se produjeron en el Pleistoceno y que en su mayoría se encuentran en proceso de estabilización, pero se debe tener en cuenta que la formación de los valles están íntimamente ligados a una secuencia de deslizamientos los cuales se produjeron en un gran rango de tiempo, existe poca evidencia de estos puesto que la vegetación espesa de la zona borra toda evidencia de estos, por ello no se representaron en el mapa geodinámico.
- Deslizamientos activos, son los fenómenos geodinámicos que se originaron recientemente y que en su mayoría están acompañados por flujos de lodo.
- Zonas Propensas a Deslizamientos, Aun no se han deslizado, pero presentan características o rasgos de los deslizamientos activos como, agrietamiento en la cabecera, encrespamiento en el pie y cuerpo de la ladera, socavación lateral del pie de ladera y cierto encajonamiento de la quebrada.

En general estos deslizamientos pueden iniciarse por sobresaturación debido a intensas precipitaciones pluviales, socavación lateral causada por los ríos, terremotos, erupciones volcánicas y por al acercamiento de la capa freática a la superficie.

**- DESLIZAMIENTOS ACTIVOS.-**

En la zona de estudio no se presentan deslizamientos de grandes dimensiones, a causa de que las rocas del basamento son competentes, los pocos y pequeños deslizamientos registrados se ubican sobre suelos coluvio aluviales (ver plano geológico local), los que son socavados en sus bases por los ríos Aguas Calientes y Alcamayo y por acción antrópica (deslizamientos en la zona las Orquídeas).

En la margen derecha del río Aguas Calientes existen dos deslizamientos: El primero es un deslizamiento antiguo ubicado zona de Encantuyoc, presenta un ancho aproximado de 50 m y un alto de 70 m, éste se desarrollo sobre suelos coluvio aluviales dejando expuestas rocas del basamento; su ocurrencia se debe a la sobresaturación de suelos y socavación del la quebrada que discurre por su eje. Cerca a este también se ubica un deslizamiento pequeño producto de la socavación de pie

de talud, éste se desarrolló sobre suelos coluvio aluviales, los cuales forman una terraza de piso moderadamente empinado y talud al río muy empinado.



**Foto 20 y 21** (Derecha) Vista del deslizamiento antiguo Encantuyoc, nótese en la parte izquierda la quebrada que lo provoco y en la derecha la ruptura de la tubería de agua propiciando la sobresaturación y erosión de suelos. (Izquierda), deslizamiento pequeño cerca a Encantuyoc.

En la margen derecha del río Alcamayo también se han desarrollado algunos deslizamientos, sobre los depósitos coluvio aluviales, muchos de ellos son muy antiguos y han sido cubiertos por la espesa vegetación, otros están en proceso activo de deslizamiento, como el deslizamiento mapeado en el plano geodinámico, el cual presenta una base de 80 m y una altura de 150, este de desarrollo sobre suelos gravosos con matriz limo arenosa de escasa cohesión, todo el sistema de deslizamientos de la margen derecha de la cuenca media del río Alcamayo es originado por la incompetencia geotécnica de los suelos, la socavación en el pie de talud originada por el río Alcamayo y las numerosas quebradas afluentes que saturan los suelos.



**Foto 22 y 23** Deslizamiento en plena actividad, nótese el movimiento de las rocas y el flujo de lodo en el pie.

Otra zona de deslizamientos es la zona de las Orquídeas ubica al norte del estadio, estos deslizamientos de pequeñas dimensiones se originaron por la acción antrópica, a la socavación de pie de ladera para ganar terrenos para la construcción del local recreacional, el estadio Municipal y varias viviendas; este deslizamiento presenta taludes muy empinados de suelos coluvio aluviales con matriz limosa con porcentajes bajos de arcilla, también presenta bolones de grandes dimensiones propensos a caer y causar daños a pobladores y viviendas.



**Foto 24 y 25;** vista del deslizamiento originado por la acción antrópica en la zona de las Orquídeas, véase la infraestructura del centro recreacional y las viviendas las, cuales se construyeron ganándole terreno a la ladera.

### - ZONAS PROPENSAS A DESLIZAR.-

Estas zonas están dispuestas en dos sectores diferenciados, la primera ubicada en las afueras de la ciudad circundando el poblado, están conformados por suelos coluvio aluviales con presencia de bolonería de roca con hasta 5 m de diámetro propensa a rodar y causar daño a los pobladores y viviendas ubicadas por debajo, esta zonas están ubicadas en el pie de laderas del cerro Media Naranja y el Cerro Entre Ríos (Las Orquídeas). También existen zonas en las que los pobladores socavan la base del talud de las laderas activando deslizamientos antiguos, ésto para ganar terreno de construcción, poniendo en riesgo sus vidas y la de sus viviendas.



**Foto 26 y 27;** Izquierda, ladera del cerro Media Naranja con bolonería de roca propensa a caer hacia las viviendas ubicadas abajo, Derecha Vista de la socavación antrópica para ganar áreas de construcción.

Otras zonas propensas a deslizar son los depósitos coluvio aluviales de las márgenes derechas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, estos depósitos de gravas con bolonería y matriz areno limosa de escasa cohesión, están dispuestos en forma de terrazas con plataformas de ligera pendiente, pero con taludes muy escarpados hacia los bordes de los ríos, los factores que agilizan la ocurrencia de deslizamientos son la socavación lateral de las aguas de los ríos, el talud de escarpas empinadas y la presencia de varios afluentes que saturan los suelos, la única ventaja para que estas zonas no deslicen con mayor frecuencia es la espesa cobertura vegetal que cubre y protege los taludes inestables. El grado de peligrosidad de estas zonas radica en que un deslizamiento puede embalsar el cauce de río y producir un aluvión en la ciudad; se tiene un antecedente de este fenómeno en el aluvión del río Alcamayo del año 2004, en el que fallecieron 11 personas.



**Foto 28 y 29** vista de las terrazas coluvio aluviales propensas a deslizarse, quebradas afluentes que saturan los suelos y aceleran los procesos de deslizamiento.

### **b).- DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE BLOQUES DE ROCA.**

Los desprendimientos de roca son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas a favor de la pendiente, intemperismo, desglaciación, sobresaturación etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y en general en paredes rocosas, cuando los desprendimientos son pequeños pero frecuentes, los depósitos en el pie de ladera tienen forma de cono o abanico, ubicándose el material grueso en la base y el fino en la superficie.

En la zona de estudio se pudo constatar tres zonas en las cuales se evidencia laderas empinadas con indicios de que se han desprendido bloques de roca, uno es en la ladera este del cerro Putucusi en la que se tiene antecedentes de la caída de un bloque que destruyó un vagón de tren el cual se encontraba en la estación felizmente sin pasajeros en su interior; en la parte alta de la ladera se evidencia bloques colgados de hasta 30 m de largo y ancho y 5 m de profundidad también se distingue espacios vacíos de las mismas dimensiones, en las que en algún tiempo debieron existir bloques ya caídos. Las otras dos zonas son en la parte alta de la ladera izquierda del río Vilcanota; la otra zona de desprendimiento de bloques es en la ladera derecha de la quebrada La Leonera.

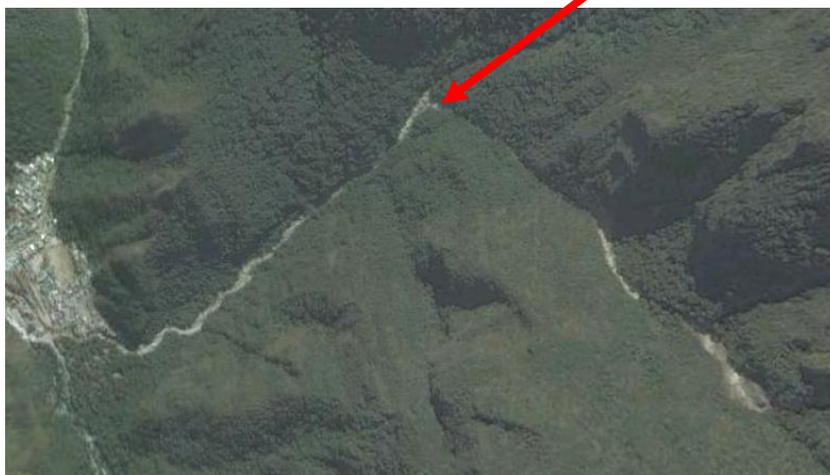


**Foto 30 y 31** Caída de bloques rocosos en la ladera Este del cerro Putucusi poniendo en peligro la estación hacia la Hidroeléctrica de Machupicchu y varios hoteles asentados en la parte baja de la ladera.

### c).- 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 y al perfil longitudinal de pendiente fuerte a muy fuerte de la quebrada.

En la zona de estudio este fenómeno se ha desarrollado en las laderas de las cuencas, tiene una disposición perpendicular a los ríos principales, son de anchos angostos pero de gran longitud, algunos, como el de la zona del Picaso en la margen izquierda del río Alcamayo, las rocas que han fluido son de gran dimensión, a pesar de estar alejada de la ciudad, estas cárcavas representan un gran peligro, puesto que los materiales derrumbados, pueden embalsar el cauce de los ríos principales produciendo represamientos y consiguientes desembalses que pueden generas aluviones en la ciudad, se tiene un antecedente de este fenómeno en el aluvión del río Alcamayo del año 2004, en el que fallecieron 11 personas.



**Foto 32, 33 y 34;**  
Derecha, vista una quebrada erosiva ubicada en el río Aguas Calientes en la zona La Leonera, véase también el pie de la cárcava en la fotografía de la izquierda, la misma cárcava de la imagen satelital.

#### d).- ALUVIONES.-

Son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra) y derrubios (coladas de derrubios o debris flow) con abundante presencia de agua, donde el material disgregado se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua sin presentar superficie de rotura definida, la cual es superficial, el agua es el principal agente desencadenante; afecta principalmente a suelos arcillosos que sufren una considerable pérdida de resistencia al moverse, estos movimientos son poco profundos en relación a su extensión. Estos fenómenos también son llamados Huaycos o Lloclla, la sedimentación de una secuencia de aluviones al finalizar su transporte por una cadena montañosa es conocida como cono aluvial o cono de deyección. El poder erosivo de los aluviones se incrementa por el arrastre de grandes bloques de roca (más de 5.00 m de diámetro) que en estos casos han avanzado hasta la ciudad de Machupicchu.

El principal causa de los aluviones en la zona está ligado a la existencia de los depósitos coluvio aluviales de las márgenes derechas de los ríos Alcamayo y Aguas Calientes, estas terrazas están conformadas por gravas de bolonería grande y matriz grava limo arenosa de nula cohesión las cuales son constantemente socavadas por los ríos, posibilitando la formación de deslizamientos y embalses y desembalses, este proceso es el que da origen a los aluviones, antecedentes de éste se tiene en el aluvión del Alcamayo en año de 2004, que dejó 11 víctimas y la destrucción de 6 viviendas. También las cárcavas presentes en las laderas de las cuencas pueden derrumbar, producir embalsamientos y consiguientes aluviones, como los ocurridos en el río Aguas Calientes los años 1995 y 2007.

En la zona del control de ingreso a los Baños termales, se puede apreciar que existe una zona estrangulada por un afloramiento rocoso den la margen derecha del río, en el caso de que se produzca un aluvión de gran caudal ó alguna roca grande o troncos podrían embalsar esta zona, existe el peligro que el aluvión ingrese hacia la Av. Pachacutec, llegando hasta la plaza de Armas y el local Municipal. Fenómenos parecido a esta hipótesis se tiene en los poblados de Taray, Zurite y Lucre en el año 2010, en los que los aluviones colmataron los cauces a la entrada de las ciudades y desbordaron hacia las mismas ocasionando pérdidas de vidas y viviendas.



**Foto 35 y 36,** Izquierda imagen del aluvión del año 2007 el río Aguas Calientes, Derecha; vista de un deslizamiento el cual no llego a embalsar al río Alcamayo por completo debido al escaso material y pequeña dimensión del deslizamiento, mas en caso de deslizamientos más grandes y precipitaciones más intensas se pueden generar un aluvión.

**d).- Cauces Erosivos.-**

La acción erosiva de los ríos y quebradas, que discurren sobre zonas de moderada a alta pendiente, 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, este fenómeno viene muy relacionado a las inundaciones y aluviones.

El río Vilcanota al ser torrencioso y transportar un gran caudal de agua, ha generado el transcurso del tiempo grandes inundaciones, deslizamientos y socavación de laderas de su propio cauce, la zona más vulnerable en la ciudad de Machupicchu, es la margen derechas del Vilcanota en la que el río ha socavado el talud constantemente, antecedentes de este fenómeno se tienen en la gran inundación del año 2010 en la que el río Vilcanota socavó el talud de la margen derecha destruyó varias viviendas y tramos de la carretera hacia la ciudadela de Machupicchu.



**Foto 37 y 38;** Vista de la socavación del talud donde se ubica el Puesto de control del SERNANP y posteriores de viviendas de la Av. Imperio de los Incas.



**Foto 39 y 40** Vista de la socavación del la margen derecha del río Vilcanota.



**Foto 41 y 42;** Vista de la socavación y derrumbe de algunos tramos de la carretera hacia la ciudadela de Machupicchu.



**Foto 43 y 44;** Vista de la socavación y derrumbe de algunos tramos del ferrocarril.



**Foto 45 y 46;** Vista de la socavación y derrumbe de algunos sectores de las márgenes del río Vilcanota.

## **Geodinámica Interna**

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.

Dentro del contexto sísmico tectónico mundial, el Perú se encuentra ubicado en lo que se denomina el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, que es el ámbito territorial mundial donde se originan alrededor del 80% de los sismos del mundo. El entorno tectónico del Perú está encuadrado dentro de lo que explica la “Teoría de Tectónica de Placas”, que pone a la “Placa de Nazca” frente a la “Placa Continental” o “Sudamericana”, con colisión y subducción de la primera sobre la segunda.

Este desplazamiento convergente de placas explica la formación de la Cordillera de los Andes y la deformación continental, así como las grandes depresiones del fondo marino. Como quiera que sea evidente la actividad dinámica de la tierra, la generación de sismos es una consecuencia natural de estos movimientos, poniendo al Perú como uno de los países de mayor actividad sísmica de América. La amenaza de terremotos en nuestro territorio, lo somete a un factor externo que es el “riesgo sísmico”, por lo que los daños consecuentes estarán en relación directa con la magnitud del evento (peligro natural de origen sísmológico y a la capacidad de respuesta de las estructuras, llámese de infraestructura o edificaciones en general (Vulnerabilidad) a los diferentes valores de aceleración a las que están sometidas cuando ocurre un terremoto. El mayor conocimiento de los eventos sísmicos (epicentros y atenuaciones en su propagación), permitirá planificar obras que con éxito enfrenten las consecuencias sísmicas.

Es oportuno precisar qué condiciones geológicas locales juegan un papel importante para atenuar o incrementar las aceleraciones sísmicas y, en consecuencia, los efectos sobre las obras.

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 VI grados en la Escala Modificada de Mercalli, Intensidad que debe ser considerada en el cálculo del diseño estructural. (Ver mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú. Fig.11)

Para la zona en estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.22g 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. Fig. 12)

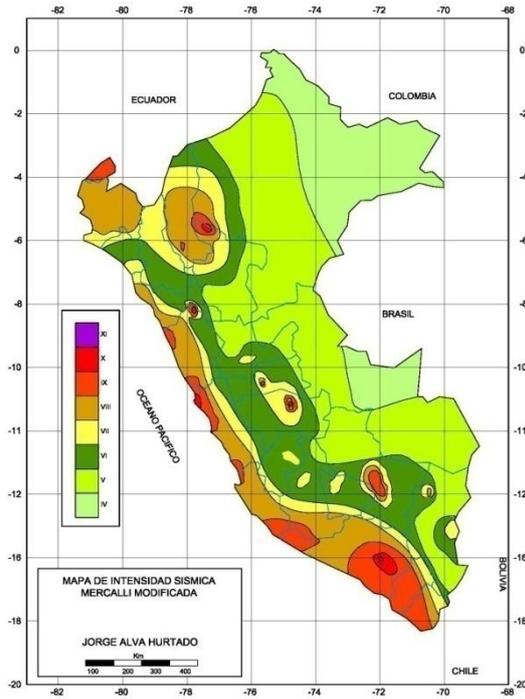


Fig. 11 Max. Intensidades Sísmicas

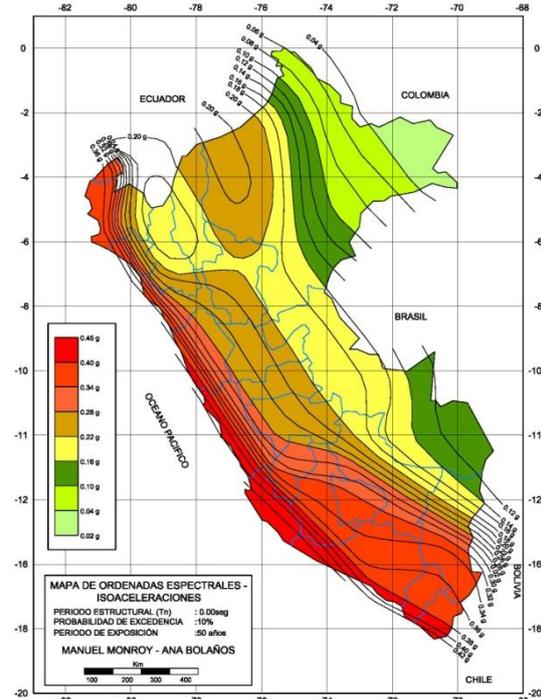
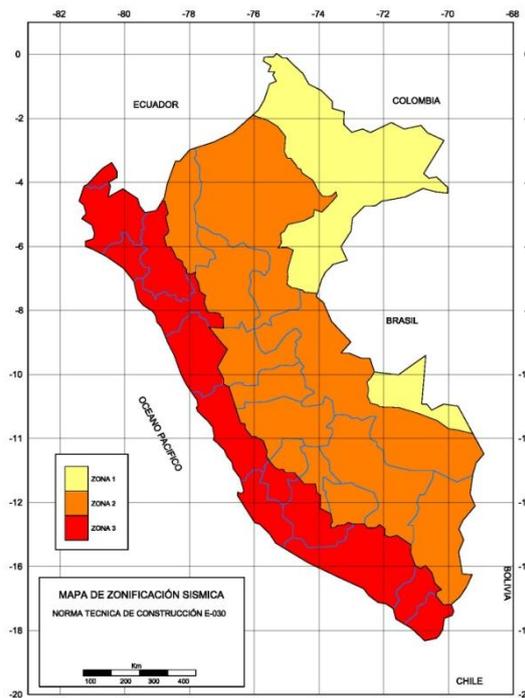


Fig. 12 Isoaceleraciones a 10% 50 años

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 proyecto son:

Cuadro N° 06

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: (Fig. 13 Mapa de zonificación sísmica del Perú.)

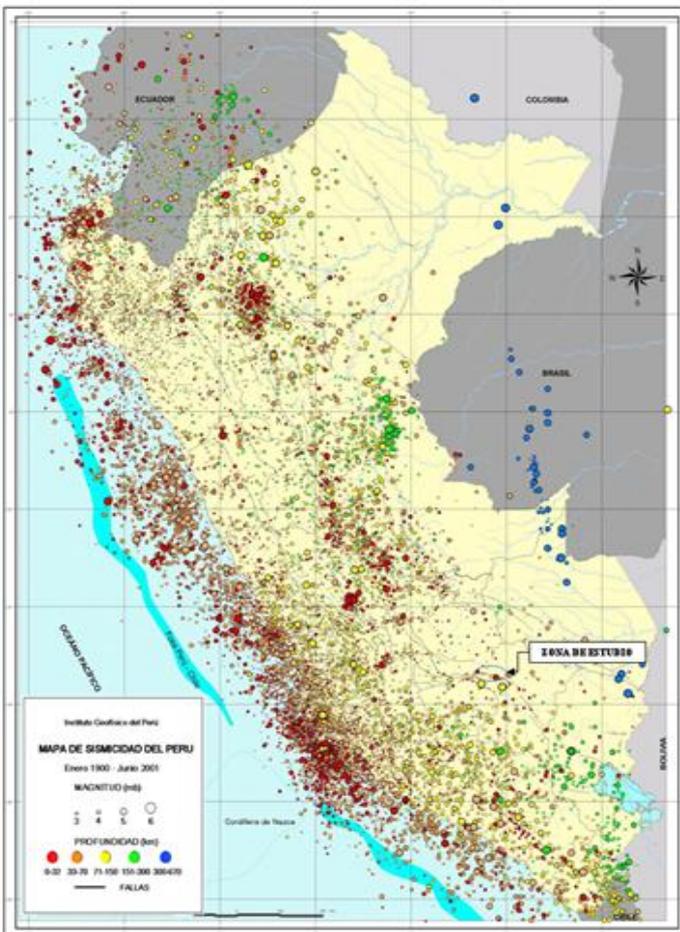
Zona:	2	Mapa de zonificación sísmica
Coefficiente sísmico	0.12	Mapa de zonificación del coeficiente sísmico
Factor de zona (Z)	0.3	Tabla 1 (RNC)
Parámetro del suelo	Ts= 0.9 s	Período predominante.
Perfil tipo de suelo	S <sub>2</sub>	(RNC)

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 RNC)
  - U = Factor de uso. (Tabla 3, Norma E 030 RNC)
  - S = Factor de Suelo. (Tabla 2, Norma E 030 RNC)
  - C = Coeficiente sísmico. (Artículo 7 y 17, Norma E 030 RNC)
  - P = Peso de las estructuras.
  - R = Coeficiente de Reducción (Tabla 6, Norma E 030 RNC)

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 al sur de la microcuenca Cachimayo, son abundantes y de carácter intermedio (71-300 Km.), se relaciona con una estructuración de bloques (Deza, 1985; Ascue, 1997). **Fig. 14** Sismicidad del Perú

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

## **4.2 Peligros Geológicos**

### **4.2.1 Evaluación de Peligros de Geodinámica Interna**

#### **a).- Antecedentes Sísmicos**

Del análisis de la información existente se deduce que en la zona andina, para el área de influencia del proyecto, existe poca información histórica. La mayor cantidad de información está referida a sismos ocurridos principalmente a lo largo de la costa centro y sur, debido probablemente a que en esta región se establecieron las ciudades más importantes después del siglo XVI. Se debe indicar que dicha actividad sísmica, tal como se reporta, no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas. Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conoce son:

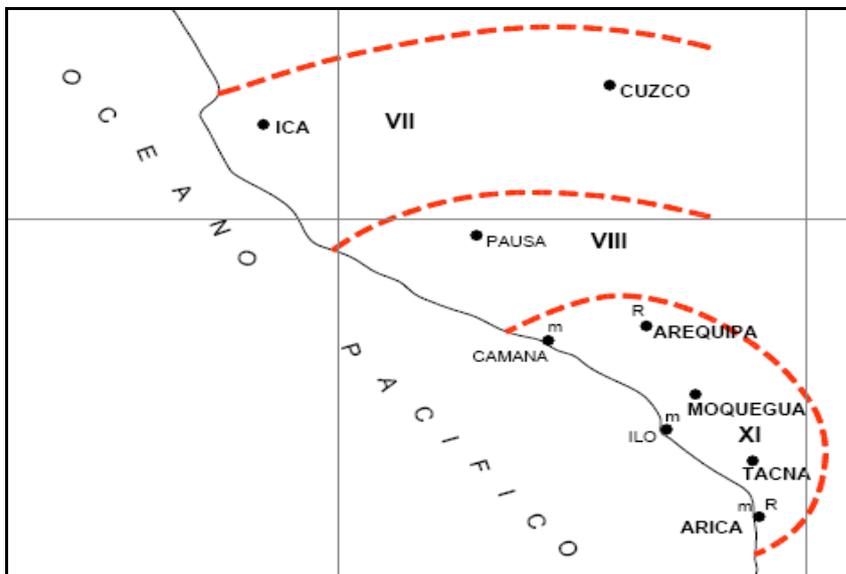
- **Sismo de 1581:** terremoto que produjo el hundimiento el pueblo de Yanaoca, Cusco con todos sus habitantes. Intensidad IX (MMI) en Yanaoca, Cuzco.
- **Sismo del 24 de noviembre de 1604,** ocurrido a las 1:30 de la tarde con intensidad estima de 8.7 M (Dorbath et al. 1990), en las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna se sintieron intensidades de VII MM y VI MM, también se reportaron daños en Cuzco e Ica (Silgado, 1985). En Arica se produjo un tsunami que destruyó la ciudad.
- **Sismo del 21 de mayo de 1950,** a las 13:38 horas: terremoto en la ciudad del Cusco, que dañó en más de un 50% sus edificios y viviendas. Perecieron alrededor de 120 personas. Después del terremoto en el lado sur del valle al SE del pueblo de San Sebastián se observó en una longitud de 5 km una zona de extensa fisuración. Las grietas eran de forma irregular y variaban de abertura de algunos centímetros hasta 2 m de profundidad. Los deslizamientos fueron de magnitud reducida. Intensidades: Cusco VIII, San Sebastián VII, Paruro V.
- **Sismo del 13 de enero de 1960,** a las 10:40 horas: terremoto en Arequipa. Perecieron 63 personas y quedaron centenares de heridos. La población de Chuquibamba quedó casi en escombros. Igualmente destructor fue en Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina, Moquegua y en Arequipa. Las carreteras de penetración a Puno y a las localidades del departamento

quedaron intransitables por los derrumbes. Intensidades: Chuquibamba, Caravelí, Cotahuasi VIII, Moquegua VII, Puno y Cusco IV.

- **Sismo del 03 de junio de 1980:** fuerte temblor en el Cusco con intensidad VI, en Urubamba, Pisac V y IV en Limatambo
- **Sismo del 5 de abril de 1986** a las 15: 14 horas, ocurrió un sismo fuerte que sacudió la ciudad del Cusco y alrededores originando daños medianamente graves, especialmente en las edificaciones de la ciudad. Este sismo originó la muerte de 7 personas, 80 heridos y aproximadamente 13,000 damnificados.

De acuerdo a los datos instrumentales y distribución de las isosistas regionales, el hipocentro tuvo lugar dentro del área de fallas activas conocido como sistema de fallamiento de Tambomachay, localizado al NE de la ciudad del Cusco. El sismo fue localizado a 8 km al NE de la ciudad del Cusco donde se sintió una Intensidad VI-VIII. Intensidad de VIII en Laguna Qoricocha, Quenco y Patabamba; VII en Pisac, VI en Cuzco.

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. En las siguientes figuras se muestra las curvas de Isosista de diferentes sismos registrados en la zona y la intensidad con la que se sintió en Machupicchu.



**Fig. 15** – Mapa de isosistas sismo 24 noviembre 1604 - Moquegua Proyecto (SISRA CERESIS – E Silgado, 1985) Intensidad en Machupicchu VII.

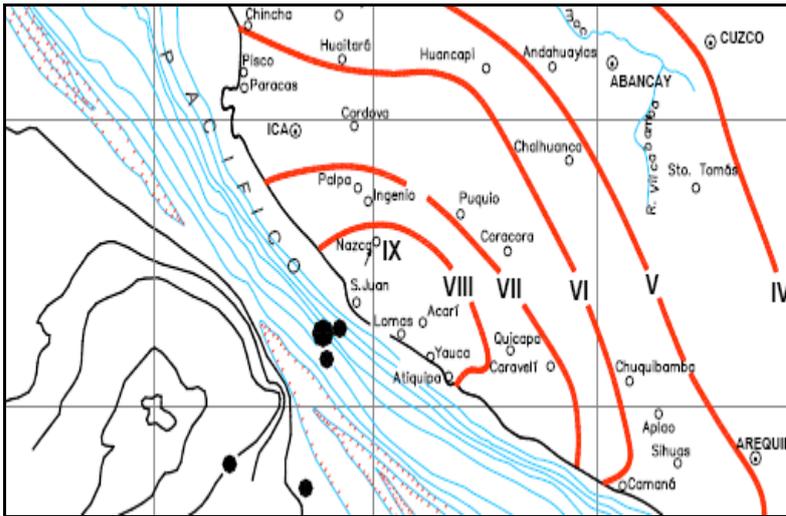


Fig. 16 – Mapa de isosistas sismo 24 agosto 1942 - Nazca (E. Silgado, 1973)  
Intensidad en Machupicchu IV

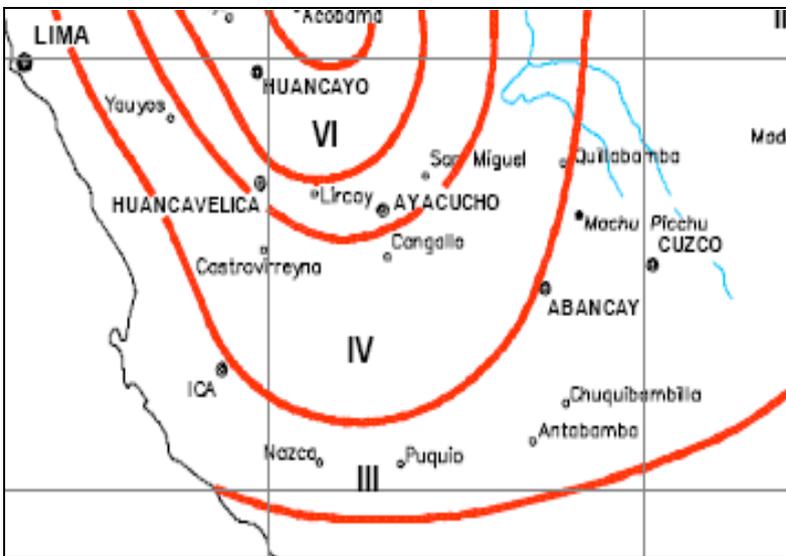


Fig. 17 – Mapa de isosistas sismo noviembre 1947 - Satipo (E. Silgado, 1948).  
Intensidad en Machupicchu IV.

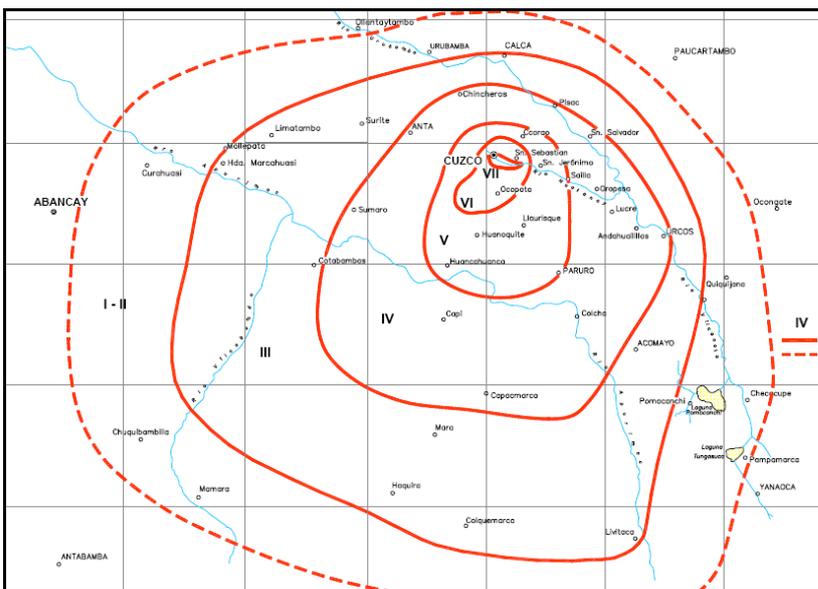


Fig. 18 – Mapa de isosistas sismo 21 mayo 1950 - Cuzco (E. Silgado, J. Fernandez-Concha y G. Ericksen, 1952)  
Intensidad en Machupicchu I.

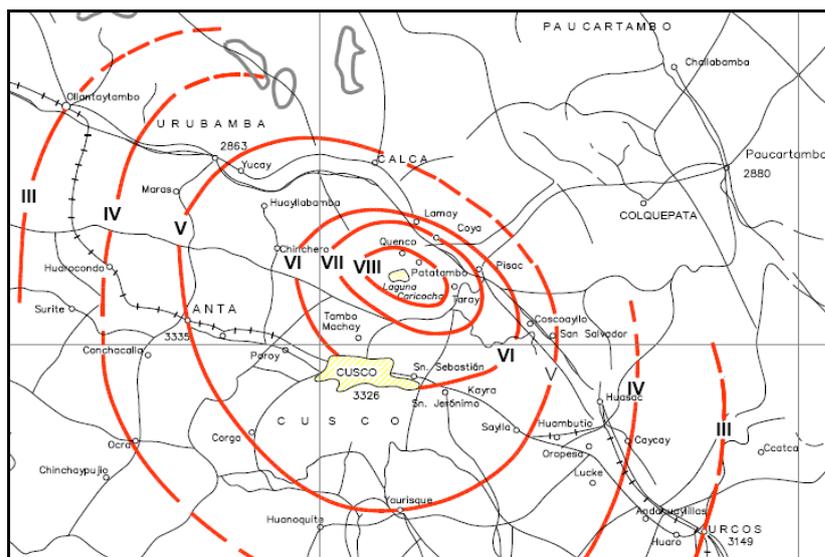


Fig. 19 – Mapa de isosistas sismo 5 abril 1986 - Cuzco (P. Huaco, M. Minaya y E. Deza, 1986) para la zona de Machupicchu se registra una intensidad de III

Cuadro Nº 07

Catálogo sísmico, reprocesado por el IGP para la región del Cusco.

FECHA (aa-mm-dd)	HORA (hh-mm-ss)	LATITUD (sur)	LONGITUD (oeste)	PROFUNDIDAD (km)	MAGNITUD (Mb)
28/06/1964	53:04:0	13.4	71.5	237	3.8
17/10/1964	07:45:33	13.6	72.7	57	4.4
28/10/1964	03:07:07	13.4	72.6	53	4.4
08/05/1965	22:22:36	13.5	71.4	20	4.3
05/06/1965	20:41:08	13.7	71.6	67	4.1
26/09/1965	14:20:00	13.8	73	67	3.7
01/08/1969	19:32:13	13.52	72.5	46	4.5
20/10/1969	08:47:38	13.7	72.5	105	3.9
01/09/1970	03:30:11	13.59	73.09	61	4.3
21/04/1971	04:06:28	13.5	71.2	48	4.6
10/06/1972	07:35:47	13.81	72.872	86	4
25/10/1973	14:49:51	13.48	72.36	106	5
21/01/1978	13:29:40	13.02	71.541	75	5.2
03/06/1980	19:17:40	13.444	72.617	40	4.9
27/05/1981	07:51:45	13.44	73.69	23	4.1
26/08/1981	09:56:28	13.936	72.565	705	4.4
07/03/1985	21:08:05	13.912	72.612	72	5.5
22/01/1986	07:32:01	13.622	73.047	57	4.5
22/01/1986	10:12:53	13.866	73.216	99	4.6
05/04/1986	20:14:28	13.41	71.785	51	5.3
25/09/1986	15:25:49	13.456	71.257	78	4.2
21/08/1990	12:04:32	13.88	72.47	66	3.9
20/02/1991	07:15:17	13.116	72.311	33	3.7
03/03/1991	15:14:20	13.43	72.26	33	6.2
06/07/1991	12:19:49	13.108	72.187	105	4.8
10/08/1994	09:29:18	13.885	72.621	87	4.8
08/02/1996	13:44:32	13.976	72.956	80	4.6
12/04/1996	07:54:13	13.665	73.68	118	3.5
17/10/1999	05:03:03	-13.99	-71.92	10	3.5
27/11/1999	02:32:13	-15.03	-71.62	10	4.8
9/3/2000	14:37:11	-13.7	-72.11	10	3.4
7/4/2000	21:16:13	-11.27	-73.13	10	4.3
21/9/2000	15:30:41	-13.33	-72.07	10	3.1
12/2/2001	21:22:31	-13.48	-72.01	10	2.2
3/11/2001	15:21:52	-13.61	-72.23	10	3.6
12/5/2003	09:46:14	-13.63	-71.66	10	3.5
16/5/2003	15:36:24	-13.57	-72.06	10	3
18/5/2003	03:49:45	-13.56	-71.89	10	3.5
25/5/2003	18:54:20	-13.94	-72.52	10	4.5

FECHA (aa-mm-dd)	HORA (hh-mm-ss)	LATITUD (sur)	LONGITUD (oeste)	PROFUNDIDAD (km)	MAGNITUD (Mb)
6/7/2003	17:38:20	-13.45	-72.25	10	3.7
7/7/2003	07:17:36	-13.36	-72.32	10	3.8
8/8/2003	14:56:26	-14.11	-71.79	10	5
8/8/2003	15:38:11	-14.12	-71.82	10	4.9
22/8/2003	07:14:43	-13.45	-72.46	10	3.6
16/6/2004	14:56:20	-13.7	-71.31	10	2.5
11/7/2005	07:40:34	-14.9	-72.92	10	3.2
20/7/2005	18:20:02	-13.94	-71.71	10	2.7
5/9/2005	14:22:36	-14.49	-71.61	10	3.8
1/6/2006	12:04:25	-14.08	-72.26	10	2.9
9/8/2006	22:36:02	-14.39	-70.91	10	4.7
13/11/2006	07:49:37	-13.9	-71.69	10	4.7
13/11/2006	07:55:22	-13.83	-71.66	10	4
24/9/2007	02:24:55	-12.93	-71.61	10	3.7
15/2/2009	01:02:30	-13.66	-71.86	10	2.7
11/5/2009	20:43:21	-13.96	-71.61	10	4
2/7/2009	06:10:54	-13.5	-72.19	10	4

## 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.

Cabe mencionar que tras el estudio de registros sísmicos ocurridos en la zona de estudio, ninguno de los fenómenos telúricos registrados han sido ocasionados por las 06 fallas locales halladas en la zona, ya que estas se hallan en estado de inactividad, es por ello que cualquier cálculo de estimación de Mercalli por cuales quiera de los métodos serian lecturas engañosas, es por ello que se ha considerado trabajar con un sistema de fallas regionales activas, como son las fallas de Limatambo - Zurite y de Tambomachay,

que son las fallas directamente responsables de los eventos sísmicos ocurridos en la zona de Aguas Calientes, las cuales de acuerdo a los registros históricos, estos nunca han excedido la intensidad de V, en cuanto a la estimación Mercalli hemos utilizando el método Determinístico de Aceleración, (Steinmom, 1982), donde se calcula los probables daños a la infraestructura en propio poblado de Aguas Calientes.

En cuanto a la falla de Vilcabamba, la incidencia en la zona es muy fuerte por la distancia, pues esta falla tiene registros sísmicos con tiempos de regresión larga, sumándose a ello el comportamiento como un todo del batolito granítico de Machupicchu, la cual mengua la intensidad del fenómeno, haciendo mención al cálculo hallado esta se da en función a la longitud y distancia sin tomar en cuenta el factor antes mencionado, por ello que esta lectura para la falla de Vilcabamba tiende a no cumplirse para la zona.

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

$C(M)$  = 0.864e0.46Ms

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

$L$  = Longitud de la falla (Km)

Realizado los cálculos se tiene:

**Cuadro Nº 08**

CIUDAD O POBLADO	LONGITUD 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
TAMBOMACHAY	49.92	44.09	3.17	3.71	7.28	IV MODERADO
LIMATAMBO - ZURITE	32.29	29.86	2.91	3.30	10.45	V FUERTE
VILCABAMBA	66.84	12.64	3.34	4.01	43.37	VII MUY FUERTE

Como se puede observar la predicción de la magnitud de un sismo en la escala de Mercalli para la ciudad de Machupicchu sería una máxima de VII en la escala de Mercalli la cual coincide con los datos de sismos registrados, en el cuadro anterior y en el siguiente cuadro se compara la magnitud con los posibles daños que este movimiento podrían causar.

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.</b>	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer

Grado	Descripción
<b>Poco Fuerte</b>	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 dañadas. 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.

Los valores de intensidad considerados para la región de Machupicchu entre los años de 1500 a 1998 alcanzó los módulos más bajos, hasta IV (Fuente Instituto Geofísico del Perú), en cuanto al grado de peligro sísmico también se podría hacer la misma estimación, es decir un valor inferior a 6 MKS.

La actividad sísmica regional en conjunto es considerable, sin embargo en el área de estudio no se tienen registros de movimientos sísmicos fuertes (ver cuadro N° 08) Al parecer la razón está en la dimensión del batolito granítico de Machupicchu de 460 Km<sup>2</sup>, que se mueve como un todo sin permitir la activación de fallas cercanas, y el que conjuntamente con los grandes cuerpos intrusivos hacen un efecto atenuador de ondas sísmicas.

En conclusión no existe gran peligro por geodinámica interna por las consideraciones expuestas, no optante el riesgo de caídas de bloque, activación de deslizamiento y caída de bolonería en la zona de los cerros Media Naranja y Las Orquídeas es latente y un sismo de intensidad V, sería suficiente para activarlos.

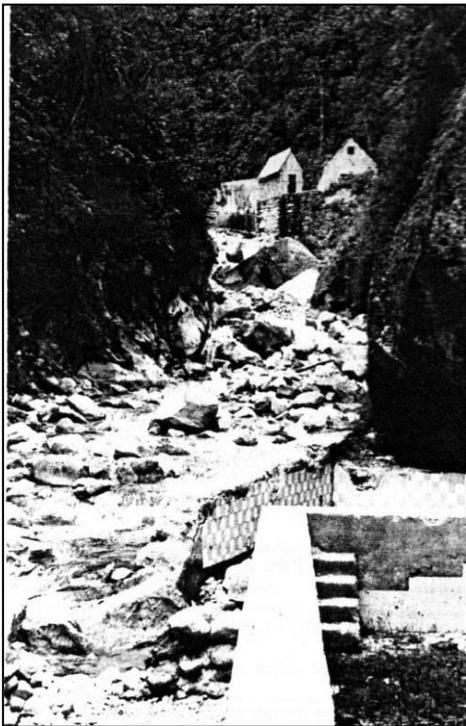
#### 4.2.2 Evaluación de Peligros de Geodinámica Externa

##### a).- Antecedentes

Las últimas precipitaciones pluviales ocurridas durante los últimos años, han ocasionado el incremento de la energía hidráulica y modificación en el comportamiento hidrogeológico en la cuenca del río Vilcanota, así como en las microcuencas de los ríos Alcamayo y Aguas Calientes, dichos procesos han facilitado, la alteración de las tensiones internas del terreno donde afloran principalmente rocas intrusivas intemperizadas y fracturadas, y su posterior desplazamiento a lo largo del cauce trayendo consigo el arrastre de material suelto, causando el socavamiento y deterioro de las estructuras de las viviendas ubicadas en la margen derecha del Río Vilcanota, altura de la ciudad de Machupicchu.

Cuadro N° 09

FECHA	MICROCUEENCA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		
			VICTIMAS	INFRAESTRUCTURA	GEOFORMA
Febrero 1946 A las 19:00 horas	Aluvión en el río Aguas Calientes	Represamiento del río, 20 días después se produjo una réplica, de menor intensidad	No hubo	Arrasó 2 puentes peatonales incluidos el puente de la línea férrea.	Producto de un deslizamiento y al cierre de cause a 2 Km. aguas arriba Se eleva el nivel del río en 2.5 m.
1961 4:00 horas	Aluvión en el río Aguas Calientes	Precipitaciones intensas	No hubo	Destrucción de algunos muros	Colmato el cauce
5 de Marzo 1995 23:30 horas	Aluvión desde la parte alta del río Aguas Calientes,	Precipitación, deslizamiento y represamiento	No hubo 1500 moradores fueron evacuados hacia las laderas	Arrasó 3 puentes, los baños termales y 5 viviendas.	Se eleva el nivel del agua del Aguas Calientes en 2 m y en menor proporción del Alcamayo.
22 de Diciembre 1997 23:00 horas	Inundación y Aluvión en el río Aguas Calientes	Precedido de una precipitación (5 horas continuas)	No hubo	Afectó el muro de contención de los baños termales	
Febrero 1998	Aluvión del Aobamba	Deshielo y desembalse de una laguna en el circo glaciar del nevado Salcantay		Destrucción de la Central Hidroeléctrica de Machupicchu y la ciudad de Santa Teresa	Levantamiento del cauce del río Vilcanota
Marzo 1998	Aluvión en el río Aguas Calientes	Precipitación, deslizamiento y represamiento en la parte alta	No hubo	No hubo mayores consecuencias	
10 de Abril 2004	Aluvión en el río Alcamayo	Intensas precipitaciones Represamiento en la parte media	11 muertos.	6 viviendas afectadas así como el puente de la línea férrea fue arrasado	Se profundiza y ensancha el cauce del río
26 de Abril 2007	Aluvión en el río Aguas Calientes	Intensas precipitaciones, deslizamiento y Represamiento	No hubo	No hubo mayores consecuencias	Se ensancha y llena de escombros el cauce del río
23 de Marzo 2009	Caída de bloques de roca	Bolonería suelta Caída del cerro Media Naranja	No hubo	05 viviendas	Se tumba árboles y se deja desprotegido todo el tramo de caída
04 Feb. 2010	Inundación y socavamiento de cauce del Río Vilcanota	Intensas precipitaciones a nivel Regional	03 Muertos registrados a nivel del Santuario	Más de 30 viviendas afectadas, 02 Puentes, y varios tramos de la plataforma de la línea férrea destruidos y decenas de hectáreas de terrenos de cultivo inundados.	Cambio Geomorfológico en los flancos, riveras y a lo largo del lecho del río, Vilcanota.



**Foto 47** 10 -11. Marzo de 1995, aluvión que destruyó los Baños Termales (Microcuenca Aguas Calientes) observándose el ensanchamiento del cauce producto del traslado de escombros y lodo que fluye.



**Foto 48:** 1998, Aluvión de la Qda. Ahobamba, La cual represó y enterró toda la central Hidroeléctrica de EGEMSA en Intihuatana.



**Foto 49:** 10 de Abril del 2004, Aluvión del la Qda. Alcamayo, donde se perdieron 11 personas y 6 viviendas



**Foto 50 y 51 Derecha,** Caída de 4 bloques de roca, de 4 m de diámetro promedio, en la calle Huanacauri, el cual destruyó 5 viviendas, siendo su punto de arranque el cerro Media Naranja; Marzo del 2009. Izquierda, bolonería de hasta 5 m. de diámetro promedio, caído en la zona del Picaso río Alcamayo, se puede notar el cierre de cauce, Abril 2004

También se sabe de otros eventos ocurridos en sectores cercanos, como:

- Aluvión en la Microcuenca de Mandor a 5 km. al oeste del Poblado (2005)
- Deslizamiento en el sector de Wiñaywayna (2006)
- Huayco en la Microcuenca de Choq'esuysuy a 3 km. al este (2006).
- 02 Aluviones en los sectores de Choquellusca y Chakycocha, más de 4 decenas de derrumbes y deslizamientos (2010).

Recientemente en enero y febrero 2010, tras los efectos de una lluvia intensa que duró un promedio de 10 horas, a nivel regional el caudal del río Vilcanota, de un promedio de 650 m<sup>3</sup> sube hasta un promedio de los 1200 m<sup>3</sup> en cuestión de horas, originando una serie desastres naturales como la perdida de vida de 03 personas, más de 3 decenas de viviendas afectadas, 02 puentes, y varios tramos de la plataforma de la línea férrea y decenas de hectáreas de cultivo inundados, dándose un cambio radical en la geomorfología de la zona, a lo largo del lecho del río Vilcanota, laderas, vertientes y flancos, todo ello a nivel del Santuario Histórico de Machupicchu, a continuación se muestra una galería de fotos:



**Foto 52 y 53:** Derrumbe ocurrido en el puente de Piscacucho, que cortó uno de sus cables, quedando el puente girado. Se perdieron dos personas y se observa salvándose otras 3 que lograron pasar dicho puente.



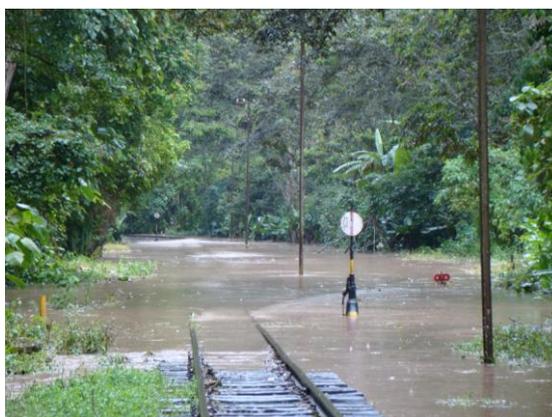
**Foto 54 y 55:** Aluviones ocurridos en los ríos Misquipuquio en Chaquicocha cerca de Piscacucho y en el río Chakimayo, ambos fenómenos ocurridos por la formación de diques y ruptura de las mismas.



**Foto 56 y 57:** Parte de la pared de los servicios higiénicos colapsado, troncos y escombros atascados en la bocatoma de la Central Hidroeléctrica, ambos hallados en el km. 107 de propiedad de EGEMSA.



**Foto 58 y 59:** Estragos causados por el caudal aprox. de 1200 m<sup>3</sup>/seg en la margen derecha del río Vilcanota y socavamiento y pérdida del malecón y plataforma de la vía carrozable en dirección a ciudadela.



**Foto 60 y 61:** Pérdida de plataforma y tramo de línea férrea cerca a Pampacahua e inundación de campos de cultivo y tramo de línea férrea en San Miguel.

### b).- Peligro Geodinámico

Las causas que a continuación describiremos de eventos producidos en las microcuencas de Aguas Calientes y Alcamayo, están relacionadas al intrusivo, a las fallas y diaclasas que este contiene, activados por aguas subterráneas y fuertes precipitaciones originadas en la zona, cuya abrupta vegetación, hace que se genere gran cantidad de evapotranspiración, a ello se suma una topografía de pendientes pronunciadas, valles colgados, y laderas empinadas, los fenómenos más comunes

originados en la zona son, los deslizamientos, caída de bloques, cárcavas, reptaciones y sobretodo aluviones y embalses.

Entretanto en la ciudad de Machupicchu, se tiene la reactivación de antiguos deslizamientos, por el socavamiento antrópico de los taludes, ya que el crecimiento demográfico desordenado existente en la zona es cada vez más intenso.

La Geodinámica externa en toda el área de estudio la puntualizamos de acuerdo a la situación crítica que estas presentan:

- **PELIGROS GEODINÁMICOS EN LA QUEBRADA AGUAS CALIENTES**
- **Zona Baños Termales**

Se divisa bloques de roca granítica con ciertas inclinaciones, a ambas márgenes del río, al colapso de ellos podría generar un cierre de cause, al margen que las instalaciones de los baños termales generan un estrangulamiento al cauce del río, considerando que esta se halla en el propio lecho. También se distingue una zona de deslizamientos y acarcavamiento a unos 50 m de los Baños Termales los que podrían derrumbarse y causar embalsamientos en esta zona.



**Foto 62 y 63** Roca granítica con buzamiento a favor de la pendiente

- **Zona de la catarata y Disipadores de Energía**

Punto de constantes derrumbes, originadas por la caída de bloques, cuyo punto de arranque se da en las escarpas de las laderas, la erosión fluvial es intensa.

La zona del disipador de energía es una terraza aluvial, cuya extensión de área y las peinetas existentes en la parte media del cauce, ayuda a poder disipar la velocidad y energía de un posible aluvión, para que este disipador sea más eficiente se debe de proyectar el sistema de peinetas por los tramos inferiores hacia los laterales, con espaciamientos de 1m. y debe darse un continuo descolmatamiento de escombros y rocas halladas en la zona.



**Foto 64 y 65** Disipadores de energía en lecho de cauce.

- **Zona de Encantuyoc**

Cerca a la zona de Encantuyoc existe un deslizamiento con caída de bloques, cuyos fragmentos de rocas llegan hasta el cauce del río, originado hace un año atrás aproximadamente, a la actualidad se halla en estado de actividad, producto de las escorrentías de aguas superficiales. La zona de Encantuyoc presenta laderas encañonadas y de muy alta pendiente propensas a posibles represamientos, en ella se puede observar bloques de roca caídos.



**Foto 66 y 67** Deslizamiento con caída de bloques.

- **Zona la Leonera**

Lugar de vuelcos de lajas de roca, que por el diaclasamiento de la pared rocosa a la parte superior, hacen que se de gran filtración de agua superficial, originando manantes a la parte media, y por estas filtraciones de agua, se dan constantes caídas de bloques de roca, lo que genera un cierre de cause, de darse un deslizamiento acompañado de escombros y material fino, podría generar un dique con tendencia a embalsarse, este fenómeno tiene un control estructural de fallas locales. Debido al derrumbe de la cárcava vista en la fotografía se originó el aluvión de 1995 en el río Aguas Calientes.



**Foto 68 y 69** Vista de la zona la Leonera en la que el año 1995 la cárcava derrumbó y embalsó las aguas del río Aguas Calientes produciendo un aluvión que afectó la ciudad.

- **PELIGROS GEODINAMICOS EN EL RIO ALCAMAYO.**
- **Zona El Picaso**

Lugar de antigua caída de bloques de roca de hasta 5m.de diámetro, ello es producto del alto grado de meteorización existente en las rocas de la zona, asimismo se hallan antiguos deslizamientos y conos aluviales. El río Alcamayo en esta zona presenta fuerte erosión la que produce socavación lateral, deslizamientos, embalses y aluviones. **Foto 70 y 71**



- **Zona de Derrumbe Reciente**

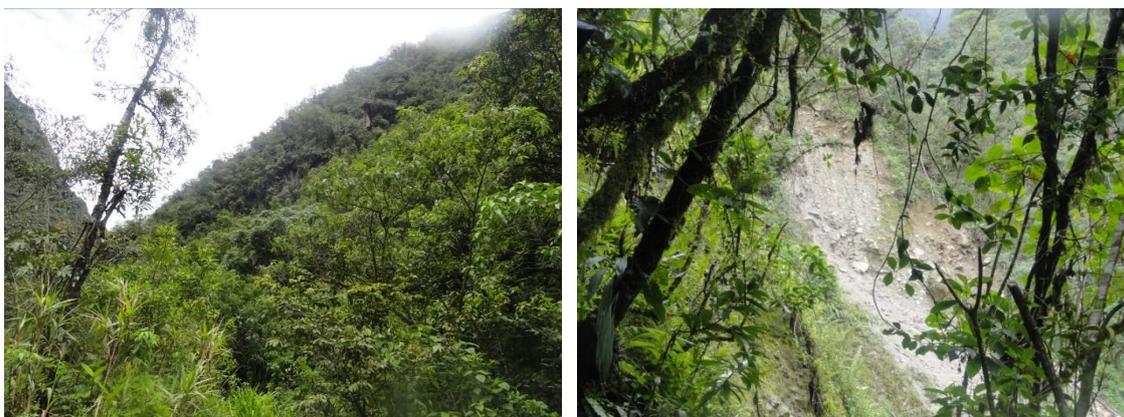
Hallada a 300 m. de El Picaso a la margen izquierda del río Alcamayo, activado por el socavamiento de una cárcava ya existente, es una zona inestable, con material orgánico acolchado y horizontes areno limosos. Se puede notar que se da un cierre de cause parcial, con fragmentos de roca de hasta 2m. De diámetro. **Foto 72 y 73**



**Foto 74 y 75** Derrumbes recientes

#### - **Parte Media, Margen Derecha**

Vertiente derecha, cuyo flanco de material coluvio aluvial es una zona de antiguos deslizamientos, donde se observan en ciertos puntos un grupo de rocas inestables por pérdida de cuñas, todo el flanco se halla saturado de aguas superficiales y subterráneas, constituyéndose una área de reactivación de deslizamientos y caída de bloques de roca, con gran tendencia a poder represar el río, y la ocurrencia de un aluvión.



**Foto 76 y 77** Antiguos deslizamientos con roca inestable

### **PELIGROS GEODINÁMICOS EN LA CIUDAD DE MACHUPICCHU**

#### **Zona del la margen derecha del río Aguas Calientes**

El sector de la margen derecha del río Aguas Calientes en la ciudad de Machupicchu se distingue zonas con posibles desprendimientos de rocas de la ladera este del cerro Putucusi. Estos bloques rocosos presentan dimensiones de decenas de metros y son originadas por fracturamiento del macizo rocoso.

El pie de ladera del cerro Media Naranja está conformado por suelos coluvio aluviales con bolonería de rocas de varios metros de diámetro, algunas se encuentran propensas a rodar cuesta abajo pudiendo producir daños a seres humanos y viviendas, también, algunas zonas están siendo desestabilizadas por procesos de socavación antrópica, puesto que los pobladores realizan cortes de talud para ganar áreas de construcción.



Foto 78 y 79 Desprendimiento de rocas en laderas

### **Zona del cerro Las Orquídeas**

Ubicado al este de la ciudad, cerca del Estadio Municipal, esta zona presenta taludes de alta pendiente conformada por suelos coluvio aluviales, en los cuales se desarrollado deslizamientos por socavación antrópica.

### **Zona Sur Este de la ciudad, Propiedad de Inkaterra**

Esta zona es un cono aluvial formado por el río Alcamayo, hacia la margen derecha del río Vilcanota, ubicada sobre la terraza aluvial formada por el río Alcamayo, esta se encuentra elevada con respecto a las cotas del río Vilcanota y Alcamayo, por lo que la zona no presenta peligros geodinámicos intensos.

## **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° 09 y 10:**

### **Peligro Geológico Muy Alto**

En el mapa de peligros geológicos la zona de muy alto peligro está representada por el color rojo, son:

Las márgenes del río Vilcanota, especialmente la margen derecha, zona en la que existe una gran actividad de socavación lateras de cauce, para fines prácticos de dividirá esta margen en tres zona.

En la primera zona a la entrada del río Vilcanota en la ciudad, hasta la desembocadura del río Alcamayo, la socavación es moderada en la base de la plataforma de la vía férrea.

El segundo tramo comprendido entre las desembocaduras de los ríos Alcamayo y Aguas Calientes, desde el borde del río Vilcanota hasta la Av. Imperio de los Incas, zona de muy alto peligro, debido al intenso socavamiento del río Vilcanota al talud, fenómeno que ha afectado varias viviendas, algunas quedaron con los cimientos al aire y agrietamientos en su estructura, como el caos del Puesto de Control y Vigilancia del SERNANP, la socavación lateral puede producir deslizamientos y derrumbes, también socavas los cimientos de otras edificaciones poniéndolas en una condición de peligro inminente.

El último tramo, comprendido entre la desembocadura del río Aguas Calientes y la carretera hacia la ciudadela de Machupicchu, los efectos de la socavación va desde el borde del río hasta la Av. Hermanos Ayar, en la cual se ha derrumbado en varios tramos al igual que en la carretera hacia la ciudadela.

En la zona urbana también es zona de muy alto peligro, las márgenes de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, puesto que son susceptibles a sufrir aluviones, a pesar de que el río Aguas Calientes se encuentra canalizado en la zona urbana, existe un estrechamiento de cauce en la zona de la boletería de los baños termales, zona en la cual se podría embalsar el cauce en un aluvión y desviar sus aguas hacia la ciudad, ingresando las aguas por la Av. Pachacutec llegando hasta la Plaza de Armas o Manco Cápac, desfogando por las calles Antisuyo y Contisuyo para dar con la Av. Imperio de los Inca y desembocar hacia la confluencia de los ríos Aguas Calientes y Vilcanota por el puente ENAFER.

En el caso del río Alcamayo, en caso de aluvión, podría embalsar en el primer puente del ferrocarril en la Av. Imperio de los Incas, ya que esté presenta una luz muy corta estrangulando el cauce y las aguas se desviarían hacia la Av. Imperio de los Incas y desembocar en el río Aguas Calientes en el puente ENAFER.

La zona Oeste entre la Av. Hermanos Ayar, Av. Imperio de los Incas, la estación de tren hacia la Hidroeléctrica y el pasaje Ayar Manco, presenta muy alto peligro, porque es susceptible a sufrir caída de rocas gigantescas de la ladera del cerro Putucusi

La zona norte de la ciudad, Margen derecha del río Aguas Calientes, entre la Av. Pachacutec y el pie de ladera del cerro Media Naranja, presenta peligro muy alto a consecuencia de sufrir caída de bolones de roca y activación de deslizamientos, puesto que esta zona presenta pendientes alta, en suelos coluvio aluviales de baja cohesión.

La zona este de la ciudad, entre la calle Sr. de Torrechayoc y la ladera del cerro las Orquídeas, presenta muy alto peligro, porque estas viviendas están asentadas sobre laderas empinadas propensas a deslizar y zonas deslizadas.

A nivel de la cuenca, los márgenes de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, en la parte baja de la cuenca, presentan zonas de muy alto peligro, porque sus márgenes derechos están conformadas por terrazas coluvio aluviales, propensas a deslizar, embalsar y generar aluviones que afectaría a la ciudad.

En la cuenca también se ha identificado zonas de muy alto peligro a los cauces de los ríos y quebradas, porque producen socavación lateral y de fondo; también las zonas de las cárcavas, las que generan derrumbes, embalsamiento y aluviones.

### **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.

La zona aislada entre la margen derecha del río Vilcanota y la ladera Este del cerro Putucusi, comprendida a media manzana a ambos lados de la Av. Imperio de los Incas, entre el pasaje Manco Inca y la estación a la Hidroeléctrica, esta zona se encuentra a una distancia moderada y una cota alta respecto al río Vilcanota y sus efectos de socavación, también se encuentra distante a la zona de caída de bloques y

bolones de roca, esta zona sería afectada siempre y cuando los bloques caídos fueran demasiado grandes y puedan tener la suficiente energía para llegar hasta la zona.

Zona norte, entre la margen derecha del río Aguas Calientes y la Av. Pachacutec, en el caso de un aluvión o inundación por la Av. Pachacutec, no sufriría una inundación severa porque las aguas discurrirían por la Av. Pachacutec ya que ésta cuenta con una pendiente moderada y el agua pasaría sin inundar los laterales; también esta zona se encuentra alejada de la ladera del cerro Media Naranja y es poco probable la llegada de bolones de roca.

La terraza aluvial entre los ríos Aguas Calientes y Alcamayo también en la terraza del hotel Inkaterra, se clasifica una zona de alto peligro como franja de seguridad entre la transición de zonas de muy alto peligro y peligro medio.

A nivel de la cuenca las laderas de muy alta pendiente están caracterizadas como zonas de peligro medio, debido a la posibilidad de desprendimiento de rocas y derrumbes.

### **Peligro Geológico Medio**

Están referidas a zonas donde el peligro geodinámico es medio y están representadas en el Mapa de Peligros con el color amarillo.

La zona central del hotel Inkaterra y de la terraza aluvial entre los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, comprendida entre la calle Tusuq por el norte, la estación ferroviaria por el Oeste, el Estadio por el Este y la calle Chumpi Wiñay con el Cementerio por el sur, presenta ligera pendiente y cotas elevadas en comparación con los ríos, gracias a esto los aluviones e inundaciones no llegarían a afectarla, también se encuentra distante al cerro las Orquídeas y en caso de deslizamiento no afectaría esta zona.

### 4.3. Hidrología del Área de Estudio

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

La hidrología del presente estudio corresponde a las microcuencas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo y al análisis, para la estimación de crecientes, del régimen de caudales del río Vilcanota en el tramo de la ciudad de Machupicchu.

#### Introducción

El análisis hidrológico tiene como finalidad determinar las características hidrológicas más importantes de las microcuencas de Alcamayo, Aguas Calientes y Vilcanota que sirva para conocer el comportamiento de éstas al presentarse una avenida extraordinaria que provoque la inestabilidad en los taludes y se presente un aluvión.

Como en la mayoría de las microcuencas del Vilcanota es escasa la información hidrometeorológica, se debió realizar un análisis estadístico y probabilístico para evaluar y cuantificar los parámetros hidrometeorológicos (principalmente los relacionados con el escurrimiento superficial) y resolver las necesidades suficientes para estimar la precipitación anual en las microcuencas así como las avenidas extraordinarias. La información base la constituyen los registros de las diferentes estaciones administradas por SENAMHI (datos hidrometeorológicos de cuencas adyacentes al área de estudio).

#### Objetivos

El principal y más importante objetivo es determinar el proceso hidrológico de las microcuencas de Alcamayo, Aguas Calientes y Vilcanota para determinar las principales características hidrológicas, magnitud (sobre todo las extremas) y volumen del mismo en el estado actual y futuro; para poder determinar cómo influyen las lluvias en el comportamiento de la estabilidad de taludes, los desbordes y aluviones.

También se tendrán determinados los parámetros hidrológicos que permitan conocer los caudales extremos que originan la erosión de laderas, y provocan flujos de lodos en las microcuencas que rodean la ciudad de Machupicchu Pueblo.

#### Hidrología de las Microcuencas

Las microcuencas de Alcamayo y Aguas Calientes se ubican dentro de la Cuenca del río Vilcanota (Urubamba) que tiene su origen a 4300 msnm en las alturas del distrito de Maranganí (Prov. Canchis), adicionalmente las microcuencas afluentes pertenecen a las provincias de Quispicanchi, Cusco, Paucartambo, Calca, Urubamba y La Convención (todas dentro del departamento de Cusco). **Mapa N° 11.2**

#### 4.3.2 Microcuencas

##### Microcuenca Aguas Calientes

La cuenca del río Aguas Calientes tiene la siguiente ubicación geográfica:

Latitud Sur: entre los 13° 05' 48.48" y los 13° 09' 15.84" y

Longitud oeste: entre los 72° 28' 30.72" y los 72°31' 32.16"

Administrativamente, pertenece a la Administración Local de la Región Cusco

La microcuenca de Aguas Calientes se emplaza hacia el norte de la ciudad de Aguas Calientes, tiene un área de 15.54 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 20.662 km. La longitud más larga de la cuenca es de 7.07 km y su cota más alta es de 4290 msnm. La altitud media, correspondiente al cancroide de la cuenca, es de 3340 msnm. La longitud del cauce principal es de 6.25 km y tiene una pendiente promedio de 0.25 m/m.

La forma de la cuenca, es alargada, presenta una fisiografía escarpada y abrupta en la cabecera de la cuenca, la cual se modera al disminuir la altitud. Se distingue dos zonas bien definidas, la zona montañosa, casi desprovista de vegetación, en la parte alta y en la parte baja con abundante vegetación perteneciente a la floresta típica de la ceja de selva.

El río Aguas Calientes es afluente del río Vilcanota y forma parte, en consecuencia, de la vertiente hidrográfica del Océano Atlántico. Hidrológicamente, de acuerdo a la clasificación del Soil Conservation Service de los Estados Unidos por grupos hidrológicos, los suelos fueron clasificados como pertenecientes a los grupos C y D, en áreas de 11.19 y 4.35 km<sup>2</sup>, respectivamente, cuyas características son, para suelos del Grupo C. suelos con bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados, con una textura que va de moderadamente fina a fina y para suelos del Grupo D, suelos de alto potencial de escurrimiento, suelos de material casi impermeable, con muy baja transmisión de agua. Esta clasificación y su evaluación hidrológica correspondiente, permiten establecer para la cuenca de Aguas Calientes los Números de Curva  $N_{(CHA-II)}=75.36$  y  $N_{(CHA-III)}=87.55$ .

### **Microcuenca Alcamayo**

La microcuenca del río Alcamayo tiene la siguiente ubicación geográfica:

Latitud Sur: entre los 13° 08' 21.34" y los 13° 09' 45.5" y

Longitud oeste: entre los 72° 31' 16.45" y los 72° 29' 54.16"

Administrativamente, pertenece a la Administración Local de la Región Cusco

El río Alcamayo atraviesa la ciudad por su extremo oriental. La microcuenca se emplaza hacia el norte de esta zona, tiene un área de 3.35 km<sup>2</sup> y un perímetro de 8.77 km. La longitud más larga de la cuenca es de 3.20 km y su cota más alta de 3900 msnm. La altitud media, correspondiente al centroide de la cuenca, es de 3075 msnm. La longitud del cauce principal es de 2.70 km y tiene una pendiente promedio de 0.57 m/m (estimación hecha considerando únicamente el desnivel entre los puntos extremos del río y su longitud).

La forma de la cuenca, es alargada, presenta una fisiografía escarpada y abrupta en la cabecera de la cuenca, la cual se modera al disminuir la altitud. Se distingue dos zonas bien definidas, la zona montañosa, casi desprovista de vegetación, en la parte alta y en la parte baja con abundante vegetación perteneciente a la floresta típica de la ceja de selva.

El río Alcamayo es afluente del río Vilcanota y forma parte, en consecuencia, de la vertiente hidrográfica del Océano Atlántico.

Hidrologicamente, de acuerdo a la clasificación por grupos hidrológicos hecha por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos, los suelos pertenecen a los grupos C y D, con áreas de 2.51 y 0.84 km<sup>2</sup>, respectivamente, cuyas características son, para suelos del Grupo C, suelos con bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados, con una textura que va de moderadamente fina a fina y para suelos del Grupo D, suelos de alto potencial de escurrimiento, suelos de material casi impermeable, con muy baja transmisión de agua. Esta clasificación y su evaluación hidrológica correspondiente, permiten establecer para la cuenca de Aguas Calientes los Números de Curva  $N_{(CHA-II)}=73.45$  y  $N_{(CHA-III)}=86.42$ .

### 4.3.3 Caracterización hidrológica

#### **Microcuenca Aguas Calientes**

Se han determinado los parámetros de forma y relieve de la cuenca. Los parámetros geomorfológicos han sido obtenidos del mapa base digitalizado y de las imágenes virtuales que proporciona el Google Earth.

#### ***Área y Perímetro de la cuenca***

El área es de 15.54 km<sup>2</sup> y el perímetro que encierra esa área, de 20.66 km.

#### ***Factor de Forma***

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud. Tiene un valor de 0.31, es decir que el ancho promedio de la cuenca es del orden del 30%

de su longitud máxima, se trata de una cuenca alargada que tiene, en consecuencia, una menor tendencia a concentrar las precipitaciones pluviales

#### ***Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius***

Es un parámetro que expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro correspondiente a una circunferencia que tenga la misma área de la cuenca. Es de 1.48, lo que indica un perímetro 48% mayor que el de un círculo equivalente. Manifiesta la condición alargada de la cuenca y por consiguiente puede dar lugar a que una tormenta afecte sólo una parte de la cuenca.

#### ***Rectángulo Equivalente***

Es una representación de la cuenca por medio de un rectángulo que tiene la misma área y el mismo perímetro que la cuenca. Las dimensiones del Rectángulo equivalente, son:

$$L = 19.88 \text{ km.}$$

$$a = 0.78 \text{ km.}$$

de donde resulta que  $L = 25.49$  a, para el rectángulo equivalente

#### ***Pendiente de la cuenca***

Considerando el criterio del rectángulo equivalente, la pendiente de la cuenca es de 0.3152 m/m.

### **Pendiente del cauce**

Considerando el criterio de pendiente uniforme, la pendiente del cauce es de 249.72 m/km ó 0.25 m/m.

Un resumen de los diferentes parámetros y relaciones de forma, se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 10**  
**Resumen de las Características Morfológicas de la Microcuenca**  
**Aguas Calientes**

PARÁMETROS	VARIABLE	UND	Microcuenca Aguas Calientes
<b>1. PARÁMETROS MORFOLÓGICOS</b>			
Superficie Total	A <sub>T</sub> .	km <sup>2</sup> .	15.54
Perímetro	P	km	20.66
Altitud del C.G.	H <sub>CG</sub> .	msnm	33.40
Cota más alta de la cuenca	H <sub>cca</sub> .	msnm	4290
Cota más alta del cauce principal	H <sub>RIO</sub> .	msnm	3622
Cota del P.I.	H <sub>PJ</sub> .	msnm	2062
Longitud mayor de la cuenca	L <sub>cca</sub> .	km	7.07
Longitud del cauce principal	L	km	6.25
Long. al C.G más próxima al río.	L <sub>CG</sub> .	km	4.28
<b>2. RELACIONES DE FORMA</b>			
Factor de Forma	F		0.31
Coef. de Compacidad o de Gravelious	K		1.48
Rectángulo equivalente: lado mayor	L <sub>eq</sub> .	km	19.88
Rectángulo equivalente: lado menor	a <sub>eq</sub> .	km	0.78
Pendiente de la cuenca (Rect. Equiv.)	S <sub>cca</sub> .	m/m	0.3152
Pendiente del cauce (Pend. Unif)	S	m/m	0.2497

### **Microcuenca Alcamayo**

Se han determinado los parámetros de forma y relieve de la cuenca. Los parámetros geomorfológicos han sido obtenidos del mapa base digitalizado y de las imágenes virtuales que proporciona el Google Earth.

#### **Área y Perímetro de la cuenca**

El área de la cuenca es de 3.35 km<sup>2</sup> y el perímetro que encierra esa área, de 8.77 km.

#### **Factor de Forma**

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud. Tiene un valor de F=0.33, es decir que el ancho promedio de la cuenca es del orden del 33% de su longitud máxima. Se trata de una cuenca

alargada que tiene, en consecuencia, una menor tendencia a concentrar las precipitaciones pluviales

### **Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius**

Es un parámetro que expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro correspondiente a una circunferencia de igual área. El índice de Gravelius de esta microcuenca es de  $K=1.35$ , que indica un perímetro 35% mayor que el de un círculo de igual área. Expresa la condición alargada de la cuenca y por consiguiente puede dar lugar a que una tormenta afecte sólo una parte de ella.

### **Rectángulo Equivalente**

Es una representación de la cuenca por medio de un rectángulo que tiene la misma área y el mismo perímetro que la cuenca. Las dimensiones del Rectángulo equivalente, son:

$$L = 3.40 \text{ km.}$$

$$a = 0.985 \text{ km.}$$

de donde resulta que  $L = 3.45(a)$ , para el rectángulo equivalente

### **Pendiente de la cuenca**

Considerando el criterio del rectángulo equivalente, la pendiente de la cuenca es de 0.3152 m/m.

### **Pendiente del cauce**

Considerando el criterio de pendiente uniforme (que considera únicamente el desnivel entre los puntos extremos del río y su longitud), la pendiente del cauce es de 544.07 m/km ó 0.54 m/m

Un resumen de los diferentes parámetros y relaciones de forma, se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 11**

### **Resumen de las Características Morfológicas**

PARÁMETROS	VARIABLE	UND	Microcuenca Alcamayo
<b>1. PARÁMETROS MORFOLÓGICOS</b>			
Superficie Total	$A_T$	$\text{km}^2$	3.35
Perímetro	P	km	8.77
Altitud del C.G.	$H_{CG}$	msnm	3075
Cota más alta de la cuenca	$H_{cca}$	msnm	3900
Cota más alta del cauce principal	$H_{RIO}$	msnm	3550
Cota del P.I.	$H_{PI}$	msnm	2081
Longitud mayor de la cuenca	$L_{cca}$	km	3.20
Longitud del cauce principal	L	km	2.70
Long. al C.G más próxima al río.	$L_{CG}$	km	1.82
<b>2. RELACIONES DE FORMA</b>			
Factor de Forma	F		0.33
Coef. de Compacidad o de Gravelius	K		1.35

PARÁMETROS	VARIABLE	UND	Microcuenca Alcamayo
Rectángulo equivalente: lado mayor	$L_{eq.}$	km	3.40
Rectángulo equivalente: lado menor	$a_{eq.}$	km	0.985
Pendiente de la cuenca (Rect. Equiv.)	$S_{cca.}$	m/m	0.5684
Pendiente del cauce (Pend. Unif)	S	m/m	0.5441

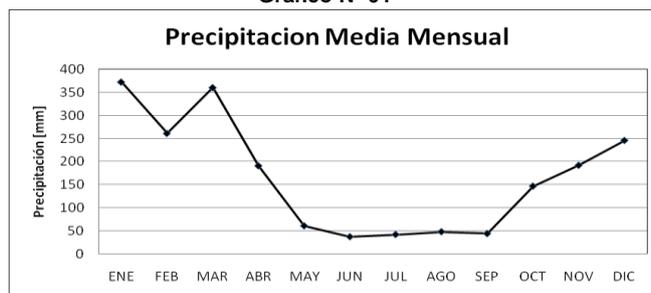
#### 4.3.4 Análisis hidrológico

La información meteorológica proviene de la Estación Machupicchu y corresponde al periodo de de registro de los años 2006 a 2009, para precipitación, temperatura y humedad relativa.

##### **Precipitación**

La precipitación media mensual es de 167 mm, alcanzándose una precipitación media anual de 2003 milímetros. El mes más lluvioso es el mes de enero con una precipitación media de 372.5 mm. y el más seco, el mes de junio con una precipitación media mensual de 37.3 mm. Estacionalmente, los meses más lluviosos son enero, febrero y marzo, que corresponden al verano en el hemisferio sur, mientras que los más secos son los meses del invierno, incluido el mes de junio.

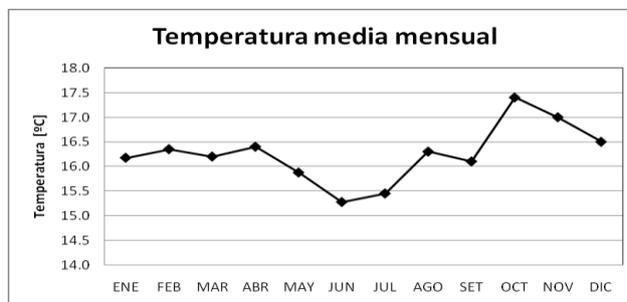
Gráfico Nº 01



##### **Temperatura**

La temperatura media mensual es de 16.3 °C, con un máximo en octubre con 17.4°C y un mínimo en el mes de junio con 15.3°C.

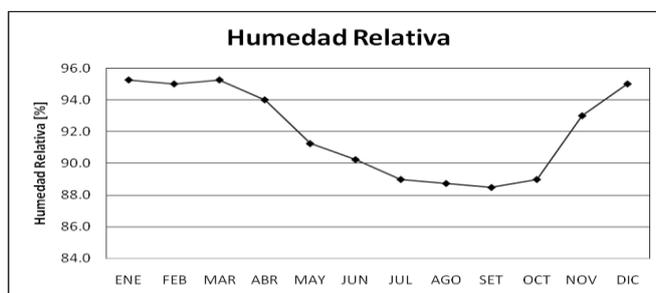
Gráfico Nº 02



### Humedad Relativa

La Humedad Relativa promedio mensual es de 92%, con un máximo en el mes de marzo con 95.3% y un mínimo en el mes de setiembre, de 88.5%.

Gráfico Nº 03



### Análisis pluviométrico

Para el análisis pluviométrico se hizo uso de los registros de precipitaciones pluviales de la Estación Machupicchu, correspondiente al período de 1965 a 1975. El análisis de la información consta de los siguientes pasos:

- Análisis de Consistencia
- Pruebas de bondad de ajuste
- Estimación de Parámetros

### Análisis de Consistencia

Consiste en la determinación de Saltos o Tendencias en la información disponible. Los criterios adoptados para su evaluación, son:

- Evaluación de Saltos, por medio del Análisis de Varianza (ANOVA)
- Evaluación de Tendencias, por medio del análisis de regresión

Para evaluar la presencia de saltos, fue necesario completar la información de un año adicional (1964) por medio de regresiones para cada mes, empleándose regresiones lineales y polinómicas según otorguen el mejor coeficiente de determinación y verificándose, finalmente, su escasa influencia en la media.

La evaluación de saltos requiere un análisis de las medias y de las varianzas para los periodos seleccionados. Efectuado el análisis se prueba que no se presentan saltos en la información. Los resultados del análisis de varianza son los siguientes:

#### ANALISIS DE LAS MEDIAS

ANOVA unidireccional: TOTAL vs. C14

Fuente	GL	SC	MC	F	P
C14	2	673	337	1.63	0.199
Error	141	29084	206		
Total	143	29757			

S = 14.36 R-cuad. = 2.26% R-cuad. (ajustado) = 0.88%

Prueba de varianzas iguales: TOTAL vs. C14

Prueba de Bartlett (distribución normal)

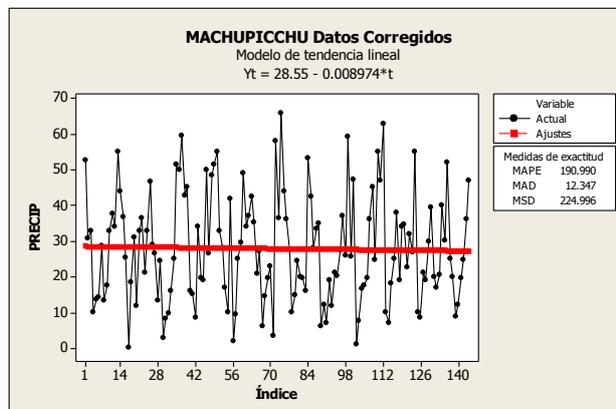
Estadística de prueba = 2.46, valor p = 0.292

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 0.80, valor p = 0.453

El análisis de tendencias mostró una cierta tendencia positiva en la información, por lo que hubo necesidad de efectuar una corrección en el período de los cuatro primeros años del registro. La verificación posterior a la corrección, arroja los siguientes resultados en la tendencia:

Gráfico Nº 04

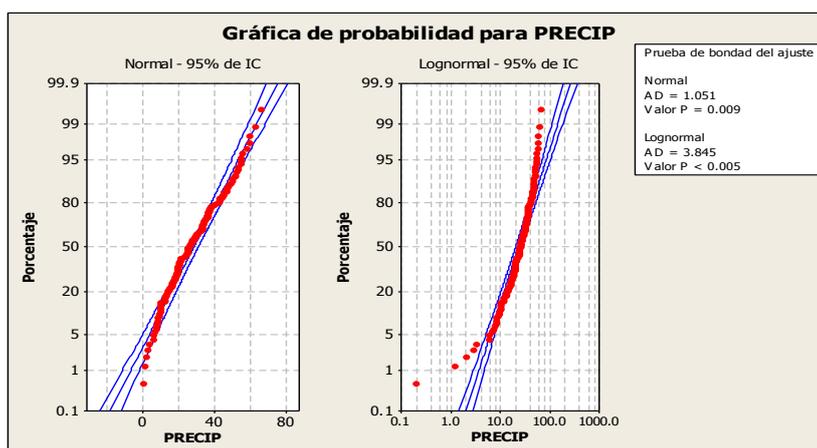


Es decir no se presentan tendencias, con lo que la información es consistente para el análisis hidrológico, libre de saltos y tendencias

### Pruebas de bondad de ajuste

Con el propósito de ajustar la información a un modelo probabilístico teórico, se efectúan las pruebas de bondad de ajuste. En el presente caso se hicieron pruebas de ajuste a 16 modelos teóricos, seleccionándose, en base al coeficiente Andersson-Darlyng (AD), la distribución Normal como la de mejor ajuste. En el siguiente gráfico, ilustrativamente, se muestran los resultados de la comparación con las distribuciones Normal y Log-Normal.

Gráfico Nº 05



### Estimación de Parámetros

Los parámetros para una distribución Normal pueden ser estimados fácilmente a partir de sus estadísticos. Los estadísticos o estadísticas correspondientes a la información pluvial, así como la estimación probabilística de la precipitación para diferentes intervalos de recurrencia, son los siguientes:

**Estadísticas descriptivas**

N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Sesgo	Kurtosis
144	0	27.8958	15.0569	25.9	0.2	66	0.402690	-0.561747

**Probabilidad de los eventos de interés**

Se ha seleccionado los intervalos de recurrencia de 5, 50 y 500 años para la determinación tanto de las precipitaciones como de los caudales correspondientes, que son los eventos de interés. Definida la Distribución Normal como la de mejor ajuste, las alturas de precipitación obtenidas para los intervalos de recurrencia señalados, son las siguientes:

**Cuadro Nº 12**

T Años	Prob de Ocurr [%]	Precip [mm]
5	20.0	40.57
50	2.0	58.82
500	0.2	71.23

**4.3.5 Método de Estimación de avenidas**

**Microcuenca Aguas Calientes**

Las avenidas del río Aguas Calientes fueron estimadas para periodos de retorno o intervalos de recurrencia de 5, 50 y 500 años, haciendo uso de dos métodos: El Número de la Curva, propuesto por el SCS de los Estados Unidos y el denominado Método de Mc Math Regionalizado. Ambos métodos arrojan resultados diferentes, habiéndose adoptado los correspondientes al del Número de la Curva por presentar las condiciones más desfavorables.

Los caudales estimados y su correspondiente intervalo de recurrencia, se presentan en el siguiente cuadro

**Cuadro Nº 13**

T [años]	Q [m <sup>3</sup> /s.]
5	32.2
50	60.7
500	81.7

Los procedimientos y la metodología seguida para la estimación de los caudales, se presentan a continuación.

***Estimación del Tiempo de Concentración de la Cuenca (t<sub>c</sub>)***

El tiempo de concentración de la cuenca es el tiempo que demora una gota de agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca, al punto de interés, es una función de las características geográficas y morfológicas de la cuenca. Existen diversos criterios para su estimación, en el presente Estudio se ha adoptado un tiempo de concentración de t<sub>c</sub> = 84.05 min que corresponde al valor de la mediana de los valores encontrados con diferentes métodos. La mediana, como se sabe, no se encuentra influenciada por los valores extremos. En el siguiente cuadro

se presentan los valores del tiempo de concentración, estimados a partir de diferentes métodos.

**Cuadro Nº 14**

Nº	CRITERIO	$t_c$ [min]
1	Numero de Curva	76.8
2	Kirpich	27.8
3	Fórmula Australiana	91.3
4	George Rivero	97.0
Media		73.2
Mediana		84.05
Desviación estándar.		31.45

### ***El Número de Curva***

El Número de Curva N es un índice que representa un coeficiente de escorrentía Su determinación se efectúa a partir de la clasificación hidrológica de los suelos de la cuenca, su cobertura vegetal y la condición hidrológica o de drenaje natural.

Para la cuenca de Aguas Calientes se han definido dos tipos de suelos, suelos tipo C y suelos tipo D, que abarcan una extensión de 11.19 y 4.35 km<sup>2</sup>, respectivamente. Haciendo uso de las tablas publicadas por el US. Soil Conservation Service, considerando las fracciones de terreno anteriormente referidas y un ajuste al tiempo de concentración para homogenizar los resultados, se establece que el Número de Curva para la cuenca de Aguas Calientes, es de  $N = 75.36$  para Condiciones Antecedentes de Humedad tipo II. Para Condiciones Antecedentes de Humedad tipo III, que presentan las condiciones más críticas para la estimación de crecientes, el Número de Curva es de  $N = 87.55$ , que es el valor usado en los cálculos.

### ***Estimación de Caudales por el Método del Número de Curva***

El método del Número de Curva, propuesto por el US. SCS, permite establecer los volúmenes de escorrentía a partir de las alturas de precipitación para luego, haciendo uso de una tabla de gastos unitarios, establecer los caudales correspondientes al tiempo de concentración de la cuenca. Los caudales establecidos por el método del Número de la Curva, para periodos de retorno de 5, 50 y 500 años y considerando Condiciones Antecedentes de Humedad Tipo III, son los siguientes:

**Cuadro Nº 15**

T Años	Q m <sup>3</sup> /s
5	32.2
50	60.7
500	81.7

Cabe señalar que las tablas de caudales unitarios consideran una precipitación de 6 hrs para la estimación de los gastos; sin embargo, en el presente caso se han utilizado precipitaciones máximas de 24 hrs para el cálculo. Esta situación hace que los caudales calculados sean aproximadamente el doble de los que se obtendrían considerando la precipitación de 6 horas (aproximadamente 2.2 veces mayores, según un análisis de hidrogramas). De considerarse este factor, los resultados obtenidos serían similares a los que se obtienen con el método denominado Mc Math regionalizado; sin embargo, se mantienen estos resultados por estar del lado de la seguridad y porque los flujos no son considerables.

#### ***Estimación de Caudales por el Método de Mc Math regionalizado***

El método de Mc Math regionalizado es una variante del método de Mc Math propuesto en los Estados Unidos. Varía en los exponentes y considera la altura de precipitación en lugar de la intensidad. La altura de precipitación puede ser estimada, además, por medio de una expresión que toma en consideración el periodo de retorno.

Considerando las alturas de precipitación estimadas en el análisis probabilístico, los caudales por el método de Mc Math regionalizado para periodos de retorno de 5, 50 y 500 años, son los siguientes:

**Cuadro Nº 16**

T Años	Q m <sup>3</sup> /s
5	16.1
50	23.3
500	28.24

#### **Microcuenca Alcamayo**

El análisis hidrológico correspondiente al río Alcamayo, es el mismo que el efectuado para el río Aguas Calientes, debido a la proximidad de ambas microcuencas que pertenecen a la misma ciudad y porque la información hidrometeorológica es la misma. Además, las características de ambas microcuencas son similares y pertenecen a la misma región (son colindantes).

#### ***Estimación De Las Avenidas***

Las avenidas del río Alcamayo fueron estimadas para periodos de retorno o intervalos de recurrencia de 5, 50 y 500 años, haciendo uso de dos métodos: El método del Número de la Curva, propuesto por el SCS de los Estados Unidos y el denominado Método Regionalizado de Mc Math. Ambos métodos arrojan resultados diferentes, habiéndose adoptado los correspondientes al del Número de la Curva por representar las condiciones más desfavorables y por tratarse de caudales relativamente pequeños.

Los caudales estimados y su correspondiente intervalo de recurrencia, se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 17**

T [años]	Q [m <sup>3</sup> /s.]
5	10.65
50	20.60
500	28.00

Los procedimientos y la metodología seguida para la estimación de los caudales, se presentan a continuación.

***Estimación del Tiempo de Concentración de la Cuenca ( $t_c$ )***

El tiempo de concentración de la cuenca es el tiempo que demora una gota de agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca, al punto de interés, es una función de las características geográficas y morfológicas de la cuenca. Existen diversos criterios para su estimación, en el presente Estudio se ha adoptado un tiempo de concentración de  $t_c = 34.1$  min que corresponde al valor de la mediana de los valores encontrados con diferentes métodos. La mediana, como se sabe, no se encuentra influenciada por los valores extremos. En el siguiente cuadro se presentan los valores del tiempo de concentración, estimados a partir de diferentes métodos.

**Cuadro Nº 18**

Nº	CRITERIO	$t_c$ [min]
1	Numero de Curva	28.81
2	Kirpich	10.81
3	Fórmula Australiana	39.37
4	George Rivero	40.91
	Media	29.98
	Mediana	34.09
	Desviación estándar.	13.86

***El Número de Curva***

El Número de Curva N es un índice que representa un coeficiente de escorrentía Su determinación se efectúa a partir de la clasificación hidrológica de los suelos de la cuenca, su cobertura vegetal y su condición hidrológica.

Para la cuenca del Alcamayo se han definido dos tipos de suelos, suelos tipo C y suelos tipo D, que abarcan una extensión de 2.51 y 0.84 km<sup>2</sup>, respectivamente. Haciendo uso de las tablas publicadas por el US. Soil Conservation Service, considerando las fracciones de terreno anteriormente referidas y un ajuste al tiempo de concentración para homogenizar los resultados, se establece que el Número de Curva para la microcuenca de Alcamayo, es de  $N = 73.45$  para Condiciones Antecedentes de Humedad tipo II. Para Condiciones Antecedentes de Humedad tipo III, que presentan las condiciones más críticas para la estimación de crecientes, el Número de Curva es de  $N = 86.42$ , que es el valor usado en los cálculos.

***Estimación de Caudales por el Método del Número de Curva***

El método del Número de Curva, propuesto por el US. SCS, permite establecer los volúmenes de escorrentía a partir de las alturas de precipitación para luego, haciendo uso de una tabla de gastos unitarios,

establecer los caudales correspondientes al tiempo de concentración de la cuenca. Los caudales establecidos por el método del Número de la Curva, para periodos de retorno de 5, 50 y 500 años y considerando Condiciones Antecedentes de Humedad Tipo III, son los siguientes:

**Cuadro Nº 19**

T Años	Q m <sup>3</sup> /s
5	10.65
50	20.60
500	28.00

Cabe señalar que las tablas de caudales unitarios consideran una precipitación de 6 hrs para la estimación de los gastos; sin embargo, en el presente caso se han utilizado precipitaciones máximas de 24 hrs para el cálculo. Esta situación hace que los caudales calculados sean aproximadamente el doble de los que se obtendrían considerando la precipitación de 6 horas (aproximadamente 2.2 veces mayores, según un análisis de hidrogramas). De considerarse este factor, los resultados obtenidos serían similares a los que se obtienen con el método denominado Mc Math regionalizado; sin embargo, se mantienen estos resultados por estar del lado de la seguridad y porque los flujos son relativamente pequeños.

***Estimación de Caudales por el Método de Mc Math regionalizado***

El método de Mc Math regionalizado es una variante del método de Mc Math propuesto en los Estados Unidos. Varía en los exponentes y considera la altura de precipitación en lugar de la intensidad. La altura de precipitación puede ser estimada, además, por medio de una expresión que toma en consideración el periodo de retorno.

Haciendo uso de esta metodología, los caudales para periodos de retorno de 5, 50 y 500 años, son los siguientes:

**Cuadro Nº 20**

T Años	Q m <sup>3</sup> /s
5	3.40
50	6.41
500	12.06

**4.3.6 Modelamiento hidráulico de la quebrada con HECRAS**

**Microcuenca Aguas Calientes**

Para estimar las probables áreas de inundación, se hizo uso del Programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos. El programa simula las áreas de inundación para diferentes caudales para lo que es necesario proporcionarle las secciones transversales del río con una longitud suficiente para representar las características topográficas del terreno adyacente, las características del flujo y del régimen esperado y los coeficientes de Manning para el canal y los bancos.

Efectuada la simulación, se establece que la sección del río es suficiente para soportar una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia, sin dificultad; es decir, si el flujo que circula a través del río

fuera únicamente agua, no se presentarían problemas de inundación. Sin embargo, si se presentara un aluvión con arrastre sólido considerable, se perderían las características geométricas originales del canal y se produciría una inundación en la zona sur de la ciudad, formando una especie de cono de deyección que tendría lugar en los 200 m. finales del río Aguas Calientes, antes de su entrega al río Vilcanota.

Los valores adoptados para el modelo son:

Coeficiente de Manning para el canal: 0.045

Coeficiente de Manning para los bancos: 0.075

Coeficiente de Contracción: 0.1

Coeficiente de Expansión: 0.3

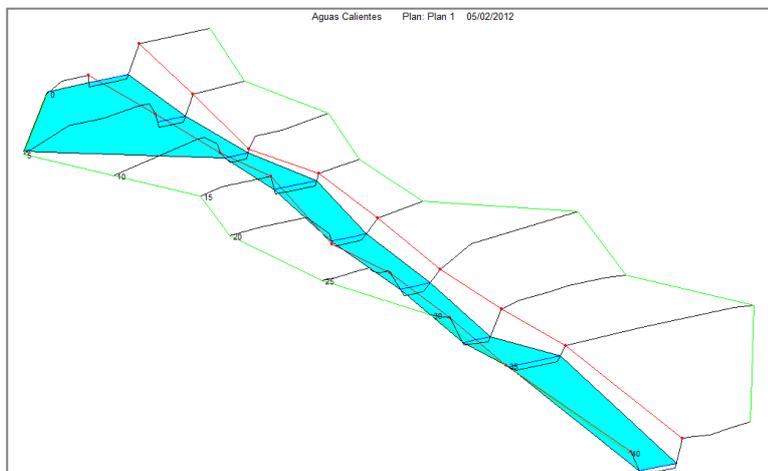
Se considera flujo permanente y uniforme y de régimen mixto

Pendiente del primer tramo: 0.11 m/m

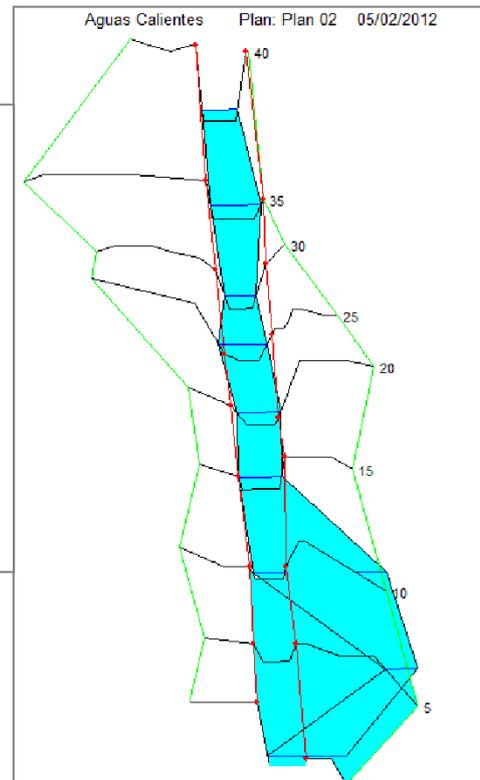
Pendiente del último tramo: 0.10 m/m.

Para la simulación del flujo con arrastre sólido, además, se consideró la pérdida progresiva de la sección del río desde un 50% al inicio, hasta un 80% en el último tramo.

Las ilustraciones que se presentan a continuación, muestran la capacidad de conducción del río considerando únicamente flujo líquido y el desborde producido el final, por efecto de un aluvión con arrastre sólido, en ambos casos, para una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia.



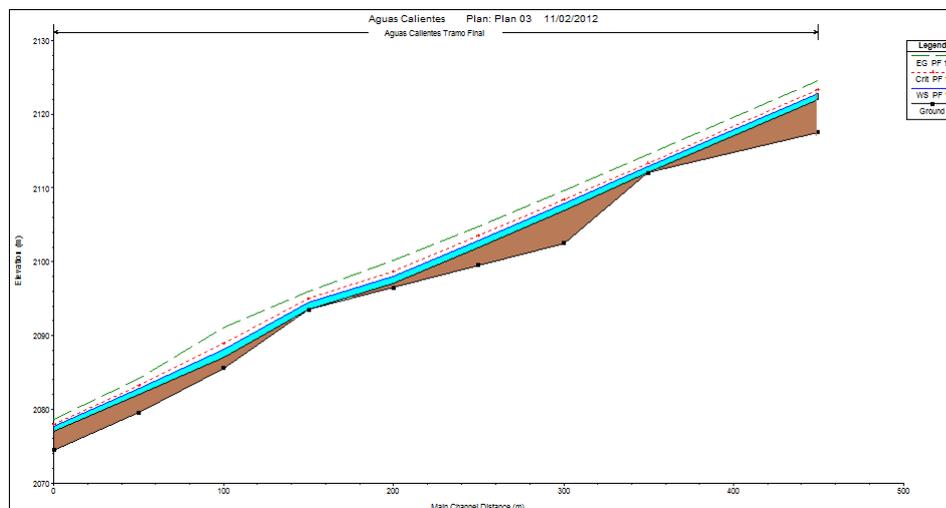
**Fig. N°20**  
Conducción de flujo líquido únicamente



**Fig. N°21**  
Desborde producido por el arrastre sólido

La ilustración muestra el perfil longitudinal del río, modificado por los sedimentos, para una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia.

Gráfico N° 06



### MMicrocuenca Alcamayo

Para estimar las probables áreas de inundación, se hizo uso del Programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos. El programa simula las áreas de inundación para diferentes caudales para lo que es necesario proporcionarle las secciones transversales del río con una longitud suficiente para representar las características topográficas del terreno adyacente, las características del flujo y del régimen esperado y los coeficientes de Manning para el canal y los bancos.

Efectuada la simulación, se establece que la sección del río es suficiente para soportar una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia, sin dificultad; es decir, si el flujo que circula a través del río fuera únicamente agua, no se presentarían problemas de inundación. Sin embargo, si se presentara un aluvión o un fenómeno similar que incrementara el caudal con un arrastre sólido considerable, se perderían las características geométricas originales del canal y se produciría una inundación en la parte final del río, formando una especie de cono de deyección que tendría lugar en los 50 m. finales del río Alcamayo, antes de su entrega al río Vilcanota. Esta posibilidad, en el río Alcamayo, se ve incrementada por la presencia, en diversos lugares del cauce, de zonas altamente erosionadas que, evidentemente, aportan considerablemente el gasto sólido; razón por la cual, en el modelamiento, se ha considerado una elevación considerable del lecho del río (hasta de 3 m en algunos lugares), por efecto del arrastre sólido.

Los valores adoptados para el modelo son:

Coeficiente de Manning para el canal: 0.045

Coeficiente de Manning para los bancos: 0.075

Coeficiente de Contracción: 0.1

Coeficiente de Expansión: 0.3

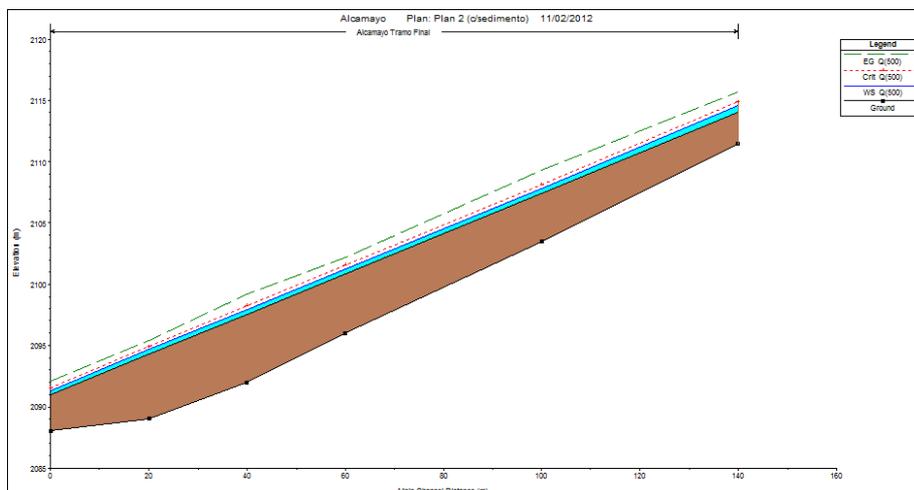
Se considera flujo permanente y uniforme y de régimen mixto

Pendiente del primer tramo: 0.11 m/m

Pendiente del último tramo: 0.10 m/m.

La siguiente ilustración muestra el perfil longitudinal del río, modificado por los sedimentos, para una avenida de 500 años de intervalo de recurrencia.

Gráfico N° 07



PERFIL LONGITUDINAL DEL RÍO ALCAMAYO, MODIFICADO POR EL ARRASTRE SÓLIDO

### Río Vilcanota

El análisis de caudales del río Vilcanota tiene el propósito de estimar las avenidas que pueden ocasionar inundaciones, por desborde del río, en la ciudad de Aguas Calientes. Para el análisis se hizo uso de los registros existentes en la zona, correspondientes al período de 1958 a 2004, con un total de 42 años de registro (con dos breves interrupciones). El análisis de la información consta de los siguientes pasos:

- Análisis de Consistencia
- Pruebas de bondad de ajuste
- Estimación de Parámetros

#### **Análisis de Consistencia**

Consiste en la determinación de Saltos o Tendencias en la información disponible. La información será adecuada si carece de saltos y tendencias. Los criterios adoptados para su evaluación, son:

- Evaluación de Saltos, por medio del Análisis de Varianza (ANOVA).
- Evaluación de Tendencias, por medio del análisis de regresión.

Para la evaluación correspondiente, se dividió la información en tres períodos de 14 años cada uno, efectuándose satisfactoriamente las verificaciones de las medias y de las varianzas, de manera que se verifica que no presentan saltos en la información disponible. Los resultados del análisis de varianza (ANOVA), para las medias y las varianzas, se presentan a continuación. Los valores de  $P > 0.05$  (nivel de confianza), prueban la condición de igualdad de medias y varianzas de la hipótesis nula:

### ANÁLISIS DE LAS MEDIAS

ANOVA unidireccional: Q vs. Agrup

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Agrup	2	3796	1898	0.16	0.856
Error	501	6091374	12158		
Total	503	6095170			

S = 110.3 R-cuad. = 0.06% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

ICs de 95% individuales para la media

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
1	168	117.6	106.5	(-----*-----)
2	168	123.6	116.7	(-----*-----)
3	168	123.2	107.3	(-----*-----)

Desv.Est. agrupada = 110.3

### ANÁLISIS DE LAS VARIANZAS

Prueba de varianzas iguales: Q vs. Agrup

Prueba de Bartlett (distribución normal)  
Estadística de prueba = 1.75, valor p = 0.416

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)  
Estadística de prueba = 0.55, valor p = 0.576

El análisis de tendencias establece la existencia de una ligera pendiente pero que, dentro de un intervalo de confianza del 95%, es completamente aceptable, lo que permite concluir que la información disponible de los caudales del río Vilcanota es consistente, libre de saltos y tendencias. Los resultados de la evaluación de tendencias por medio del Análisis de Varianza, y su correspondiente gráfico, son los siguientes:

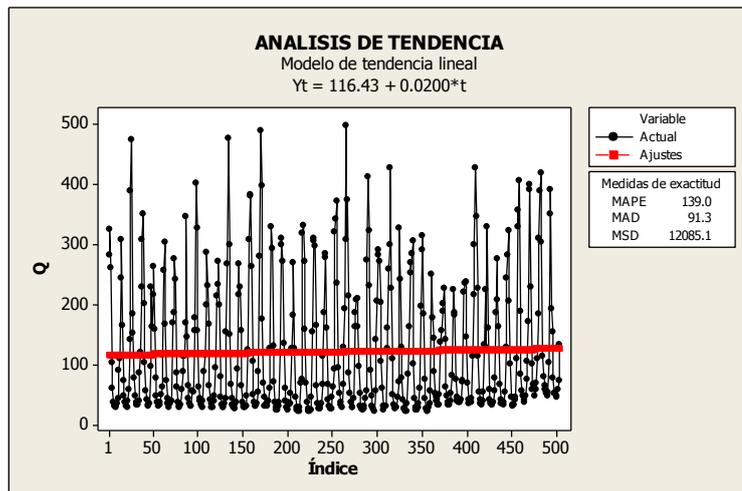
Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 116.43 + 0.0200 * t$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	4273	4273	0.35	0.553
Error residual	502	6090896	12133		
Total	503	6095170			

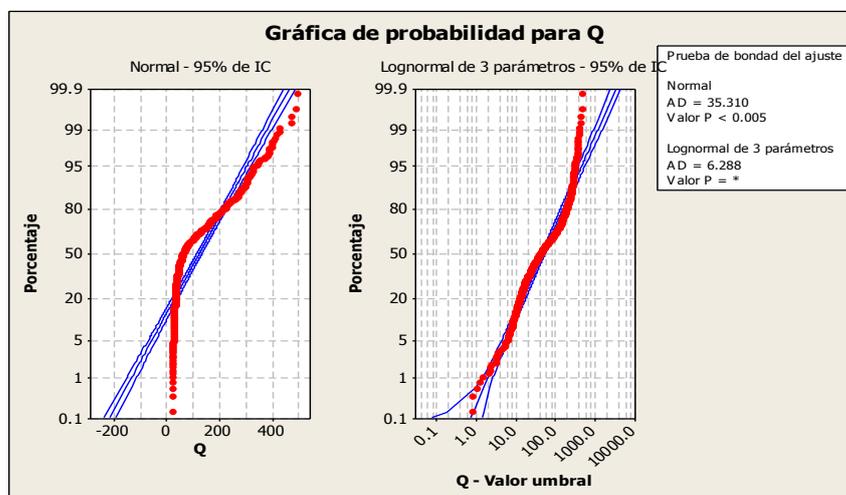
Gráfico Nº 08



### Pruebas de bondad de ajuste

Con el propósito de ajustar la información a un modelo probabilístico teórico, se efectúan las pruebas de bondad de ajuste. En el presente caso se hicieron pruebas de ajuste a 16 modelos teóricos, seleccionándose, en base al coeficiente Andersson-Darlyng (AD), la distribución Log-Normal de tres parámetros como la de mejor ajuste. Cabe precisar que no existe ninguna distribución probabilística teórica capaz de representar con exactitud todos los valores del registro, pero la que mejor ajusta (y con mucha ventaja respecto de cualquier otra distribución), es la distribución Log-Normal de 3 parámetros. Los parámetros de esta distribución, son 20.839 para el valor inicial y 3.855 y 1.366 para los correspondientes a la media y la desviación estándar, respectivamente. En el siguiente gráfico, a manera de ejemplo, se muestran los resultados de la comparación con las distribuciones Normal y Log-Normal de tres parámetros.

Gráfico N° 09



### Estimación de Parámetros

Los estadísticos o estadísticas correspondientes a la información de los caudales del río Vilcanota, que considera 42 años de registro (504 meses), son los siguientes:

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Sesgo	Kurtosis
504	121.483	110.080	66.24	21.625	497.468	1.19996	0.464524

### Estimación de Avenidas del Río Vilcanota

Teniendo en cuenta que la distribución de mejor ajuste es la Distribución Log-Normal de Tres Parámetros, la estimación de los caudales para diferentes periodos de retorno, se calcula indirectamente, efectuando los cálculos inicialmente con la variable transformada y luego reconvirtiéndolos a su variable primigenia. Las avenidas del río Vilcanota, para periodos de retorno o intervalos de recurrencia de 5, 50 y 500 años, se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro Nº 21**

T Años	Prob de Ocurr. (%)	Q [m <sup>3</sup> /s]
5	20.0	170.11
50	2.0	803.39
500	0.2	2435.74

**Modelamiento Hidrológico**

Para estimar las probables áreas de inundación por efecto de las crecidas del río Vilcanota, se hizo un modelamiento por medio del Programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos. El programa simula las áreas de inundación para diferentes caudales para lo que es necesario proporcionarle las secciones transversales del río (con una longitud suficiente para representar las características topográficas del terreno adyacente), tipo flujo, régimen del flujo esperado y los coeficientes de Manning para el canal y los bancos.

Efectuada la simulación, se establece que el lecho del río es suficiente para soportar, sin dificultad, una avenida de 200 años de intervalo de recurrencia ( $Q_{200}=1618.30 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Cuando se consideran los caudales correspondientes a la avenida de 500 años de periodo de retorno, algunas secciones del río resultan insuficientes y dan lugar al desborde del agua, provocando la inundación de la zona adyacente. La simulación también permite estimar las velocidades del flujo en el cauce, las que varían entre 2 y 8 m/s.

Los valores adoptados para el modelo son:

Coeficiente de Manning para el canal: 0.045

Coeficiente de Manning para los bancos: 0.075

Coeficiente de Contracción: 0.1

Coeficiente de Expansión: 0.3

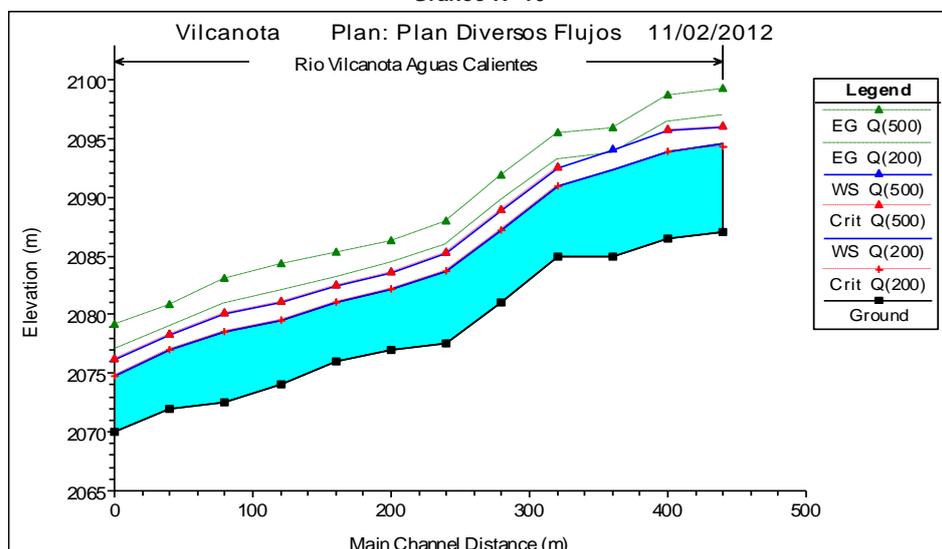
Se considera flujo permanente y uniforme y de régimen mixto

Pendiente del tramo aguas arriba: 0.0125 m/m

Pendiente del tramo aguas abajo: 0.05 m/m.

En la ilustración se presenta el perfil longitudinal del río Vilcanota, en el que aparecen, además, la superficie del flujo, los gradientes de energía y las alturas críticas correspondientes a los flujos de 200 y 500 años de intervalo de recurrencia. En la parte de anexos se presenta las secciones transversales del río Vilcanota con indicación de los niveles alcanzados y, esquemáticamente, las velocidades desarrolladas por el flujo.

**Gráfico Nº 10**



#### **4.3.7 Peligros Hidrológicos**

Desde el punto de vista hidrológico, los peligros que amenazan la población de Aguas Calientes, lo constituyen las lluvias intensas y las inundaciones. El régimen de precipitaciones pluviales en la zona, es alto, alcanza los 2000 mm anuales y, en consecuencia, pueden presentarse lluvias intensas, especialmente en la temporada de lluvias, que amenacen la cobertura y los techos de las viviendas y provoquen inundaciones tanto en el interior de las casas como en la vía pública, Aunque el lecho del río Aguas Calientes es suficiente para drenar su cuenca, si se presentara un aluvión o un fenómeno de embalse como el que se registró históricamente, y que provocara un arrastre sólido considerable, que disminuyera las secciones transversales del río, cubriéndolas de lodo y piedras, se presentarían inundaciones en el tramo final del río, (en los 200 m. finales) y en las zonas adyacentes a los meandros o recodos.

No se observan peligros por temperaturas extremas ya que la temperatura promedio anual es del orden de los 16° C, es decir se trata de un clima templado, más bien benigno para el hábitat del hombre.

#### **4.3.9 Mapa de Peligros Hidrológicos Mapa Nº 12**

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

Son sectores amenazados por inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. La faja marginal de todo río, es una zona de Peligro Muy Alto porque está sujeta a la permanente acción dinámica del flujo y a los efectos de la sobresaturación de los suelos adyacentes. Corresponden a esta clasificación, la faja derecha, adyacente al río Vilcanota (la que da hacia la población) y las fajas adyacentes a los ríos Aguas Calientes y Alcamayo. En estos últimos casos, las fajas de Peligro Muy Alto se ven incrementadas, a la manera de conos de deyección, en sus tramos finales.

##### **Peligro Hidrológico Alto**

Corresponde a sectores que pueden ser inundados a baja velocidad y que pueden permanecer varios días bajo el agua. Esta situación se presenta en la faja adyacente a las zonas de peligro muy alto y se definen principalmente por las características topográficas locales. Esta situación se presenta en la zona adyacente a las fajas de peligro muy alto de los ríos Aguas Calientes, Alcamayo y Vilcanota y se definen, en su amplitud, por las características topográficas locales.

##### **Peligro Hidrológico Medio**

Áreas afectadas por lluvias intensas y erosión pluvial de las laderas rocosas y boscosas que rodean la ciudad de Machupicchu produciendo acción hidráulica laminar sobre los bloques rocosos sueltos.

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

La ciudad de Machupicchu Pueblo ( Aguas Calientes ) tiene una singularidad en lo que se refiere a su distribución espacial y constructiva, se encuentra con edificaciones mayormente de concreto, con variaciones del número de pisos, que van desde uno a ocho pisos, distribuidos de manera muy turgurizada con calles muy estrechas, prácticamente peatonales en la mayoría revestidos de concreto.

Para establecer las condiciones geotécnicas del subsuelo se han realizado prospecciones de campo mediante la excavación de diez calicatas y trincheras, distribuidos sistemáticamente y considerando los aspectos geológicos y geomorfológicos del área de estudio.

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

Para el desarrollo del Estudio Geotécnico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional - INGEMMET (Hojas 27q de Machupicchu).
- Plan para la mitigación de desastres – Centro Poblado de Machupicchu Aguas Calientes.

##### **4.4.1. Trabajos realizados**

###### **4.4.1.1 Investigaciones de campo**

Las visitas de campo han sido realizadas en toda la ciudad de Machupicchu con acceso a la quebrada de Alcamayo, a un tramo de la quebrada Aguas Calientes, así como aguas arriba del río Vilcanota, para establecer la morfología y relacionar con la cartografía geotécnica. Las exploraciones de campo se realizaron en el mes de diciembre del año 2011 temporada en el que las precipitaciones pluviales son esporádicas y de poca intensidad.

En el Estudio Geotécnico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

- Reconocimiento de la litología, estructuras, geomorfología y fenómenos de origen climático y geológico-climático de mayor incidencia en la zona urbana, alrededores y quebradas de Aguas Calientes y Alcamayo.
- Cartografía geotécnica de la zona urbana de Machupicchu y alrededores considerando las zonas de posible expansión urbana a escala 1:25000.
- En Geotecnia se realizaron las técnicas de investigación de calicatas o pozos a cielo abierto ó trinchera (C), según indica la norma técnica ASTM D420
- Asimismo se realizaron ensayos de densidad in situ.

##### **Excavaciones manuales**

Se ha prospectado diez calicatas en el área del Proyecto; los pozos o calicatas prospectadas han sido determinados considerando la morfología del área estudiada y las zonas de expansión, se debe mencionar que una gran parte de la ciudad se encuentra revestida de concreto (pistas y veredas) lo que imposibilita la excavación de pozos en la zona urbana.

Para la ejecución de trabajos de campo se ha contado con el apoyo municipal de la excavadora CAT 325D para la excavación de dos pozos exploratorios. Las otras 8

calicatas se han realizado con el apoyo de 10 trabajadores de la municipalidad distrital de Machupicchu para la excavación de calicatas en zonas inaccesibles para la maquinaria.

La profundidad explorada de las calicatas a cielo abierto a partir del nivel actual del terreno, fueron de 2.60 m. a 1.80 m como se puede observar en los gráficos de perfiles estratigráficos que se presentan. Estas profundidades dependían de la presencia en mayor o menor intensidad de bloques de grandes tamaños de difícil excavación incluso con maquinaria, debido a que se encuentran atravesadas unas con respecto a otras, es decir que para mover una de ellas necesariamente se debía remover la otra y la apertura se constituía en muy amplia tal como se podrá apreciar en las vistas en **Anexo 03 Ensayos de Laboratorio EMS**

Se han realizado ensayos de densidad in situ mediante el método de Test pit que se adapta a suelos gruesos.

### Número De Puntos Investigados

Se ha excavado pozos prospectivos en número de diez en áreas Urbanas y zonas de posible expansión para determinar la clasificación de suelos y capacidad portante admisible de los suelos fundamentalmente.

La Denominación, Ubicación de dichos puntos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 22

CALICATA	ZONA	COORDENADAS X UTM	COORDENADAS Y UTM	COTA(m)	UBICACIÓN
C -01	18L	767794	8544372	2,071.00	Taller de Municipalidad
C - 02	18L	767831	8544403	2,078.00	Deposito residuos sólidos
C - 03	18L	767945	8544511	2,086.00	Jardín
C - 04	18L	768006	8544528	2,093.00	Hotel Ima Sumac
C - 05	18L	768482	8544193	2,097.00	Esquina Puente río Alcamayo
C - 06	18L	768574	8543868	2,113.00	Talud Hotel Inka Terra
C - 07	18L	768530	8543704	2,049.00	Helipuerto
C - 08	18L	768178	8544455	2,096.00	Hotel Killinchu
C - 09	18L	768580	8544420	2,144.00	Estadio Municipal
C - 10	18L	768592	8544662	2,150.00	Camino aguas termales

### Muestreo, transporte y tipo de muestra

El perfil estratigráfico del subsuelo ha sido realizado en base al reconocimiento visual según la norma ASTM D-2487 y clasificación de suelos SUCS según la norma ASTM D 2487.

El muestreo y los ensayos in situ han sido realizados por la empresa Contratistas y Consultores ZAENZA S.R. Ltda los que han sido efectuados de acuerdo a las indicaciones del equipo consultor. El transporte y la ejecución de los ensayos han estado a cargo de la empresa mencionada. **Mapa N° 13**

Las muestras obtenidas de los pozos han sido todas del tipo Mab, debido a que no se han encontrado ningún estrato con contenido de arcillas que permitieran la obtención de muestras tipo Mib o Mit.

La mayoría de las muestras obtenidas han sido del segundo estrato a excepción del pozo C-6, debido a que el estrato superficial tenía contenido de suelo orgánico o relleno no controlado y el nivel inferior contenía los bolones y bloques en la mayoría de los casos con aperturas o vacíos entre los bloques.

Se han obtenido diez muestras alteradas de acuerdo a la norma E-050 para la realización de los diferentes ensayos de laboratorio.

No se extrajeron muestras inalteradas tipo Mib, dado la ausencia de arcillas y limos arcillosos, siendo principalmente de carácter gravoso y arenoso que no permite su labrado, por lo que se ha realizado ensayos de corte directo en volúmenes grandes para determinar los parámetros geotécnicos requeridos.

En el cuadro siguiente se presentan un resumen de la nomenclatura, tipo y profundidad de las muestras extraídas de cada calicata:

Cuadro N° 23

CALICATA	TIPO DE MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
C – 01	Mab	2.00-2.50
C – 02	Mab	1.40-1.80
C – 03	Mab	0.60-1.80
C – 04	Mab	0.50-1.70
C – 05	Mab	0.50-0.80
C – 06	Mab	1.00 a 3.00
C – 07	Mab	0.50-1.50
C – 08	Mab	0.40-1.50
C – 09	Mab	1.20-1.90
C – 10	Mab	0.40-1.30

Mab : muestra alterada en bolsa.

### Trabajos y Ensayos Geotécnicos de Campo

Para cada una de las “calicatas” excavadas en el área de interés, se han realizado los 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:

Es importante realizar la descripción y clasificación visual en campo, dado que permite contrastar y corroborar los resultados de laboratorio. Esta descripción nos permite conocer las características de los diferentes estratos del subsuelo de cimentación hasta una profundidad igual al pozo prospectado y que se refieren básicamente a propiedades de acuerdo al tipo de suelo, como en el caso de Suelos granulares (gravas y arenas) la determinación del tamaño de las partículas, angulosidad, gradación, contenido de finos y densidad relativa; en el caso de suelos finos (limos y arcillas) la plasticidad, consistencia, resistencia en estados seco, color, olor etc.

Los resultados han sido contrastados con la Clasificación unificada de suelos SUCS según la norma ASTM D 2487, los cuales están basados en los ensayos de Clasificación realizados en laboratorio.

Muestreo de suelos en pozos excavados según Norma ASTM D 420:

El muestreo sistematizado ha sido realizado en los pozos excavados tanto por la excavadora como por el personal obrero, conforme a las recomendaciones de la Norma E.-050 RNC. Se extrajeron muestras alteradas tipo Mab, por ser los suelos de estructura básicamente friccionante (grava). No se extrajeron muestras inalteradas tipo Mib, ya que labrarlas resulta prácticamente imposible.

Densidad natural "in situ" según norma USBR 721:

Este ensayo consiste en la ejecución de ensayos "in situ" utilizando el Método de la membrana a partir de los cuales es posible conocer los valores de densidad y humedad natural para los diferentes estratos promedios del perfil estratigráfico.

Las investigaciones de campo se han desarrollado en el mes de diciembre en el que las precipitaciones son esporádicas y con baja intensidad y han consistido básicamente en efectuar un reconocimiento de campo en el área que comprende la Ciudad de Machupicchu y zonas de expansión.

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

En las calicatas se realizaron ensayos de densidad de campo (por el método de membrana flexible) con el objeto de determinar propiedades volumétricas necesarias para el cálculo de la capacidad portante admisible del suelo. Este ensayo se realizó de acuerdo a la Norma USBR 7221-89

En el Anexo 03 del presente Informe se presentan los resultados de laboratorio obtenidos, así como la profundidad a la que se realizaron dichos ensayos.

#### **4.4.1.2 Ensayos de Laboratorio**

##### **Plan de ensayos**

Después de haber sido obtenidas las muestras en los pozos de prospección de campo se han remitido para los ensayos de laboratorio de todos los puntos y permite que las investigaciones de campo sean factibles de hacer para 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
Corte directo a densidad natural	
Corte directo a densidad máxima	
Consolidación unidimensional	ASTM D 2435
Sales solubles sulfatos	NTL-114/99
Gravedad Específica	ASTM C 127 D 854

Los Ensayos Estándar y especiales de Laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en los pozos excavados; por la empresa Contratistas y Consultores ZAENZA S.R. Ltda. en la ciudad de Cusco.

Se debe indicar que los ensayos de corte directo han sido realizados mediante corte directo a gran escala, debido a que la presencia de arenas y gravas no permiten remoldeo de las muestras para ensayos de corte directo de acuerdo a la norma ASTM D-522. Se ha comparado con la muestra del pozo 1 con densidad mínima con resultados de capacidad portante muy similares, de manera que los resultados de estos ensayos se encuentran dentro de los límites de fiabilidad.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados teniendo en cuenta las normas vigentes, para lo cual se verificó la clasificación visual de las muestras alteradas tipo Mab y se procedió a ejecutar con ellas los ensayos de laboratorio siguiendo el procedimiento de las normas que se indican en el ítem de fases de ensayo de laboratorio.

#### **4.4.1.3 Trabajos de Gabinete**

##### **Nivel Freático e Influencia**

Al realizar las exploraciones de campo en los pozos excavados no se han encontrado en ninguno de los casos niveles freáticos en la profundidad investigada, por tanto no tienen incidencia en el cálculo de la capacidad de carga. La presencia de bloques y bolones con espacios libres y con una disposición espacial de arenas con gravas sin una estratificación definida son causas de la ausencia de un nivel freático, principalmente aguas abajo del puente Alcamayo, sin embargo en la zona del hotel Inka Terra se tiene pequeños flujos de agua que evidencian niveles freáticos en esta zona.

##### **Análisis de Licuefacción de Suelos**

Para que se produzca licuefacción de los suelos deben conjugarse ciertos factores que involucran las características propias del depósito de suelo y las características regionales de sismicidad. Es decir, debe estar constituido en forma general por una arena uniforme, suelta y saturada y además debe producirse un terremoto severo y duradero.

Los factores más importantes que influyen en el fenómeno de licuefacción de suelos son, la granulometría, densidad relativa, nivel freático, presión de poros, presión inicial de confinamiento, magnitud del sismo y duración.

La licuefacción no se presenta en suelos cohesivos, sino solo en suelos arenosos saturados. En nuestro caso, los suelos son arenas con gravas y presencia de bolones y bloques que no permiten la ocurrencia de este fenómeno propiamente. Sin embargo estos suelos con la presencia de aguas al sobresaturarse son erosionadas muy rápidamente que podrían inestabilizar alguna construcción en el que la presencia de arenas sea alta, pero se ha observado que las edificaciones ha sido cimentadas en los suelos residuales con bloques del macizo rocoso.

#### **4.4.2. Análisis Geotécnico**

Con los resultados de ensayos de clasificación realizadas en el Laboratorio, se clasificaron las muestras de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS). De acuerdo a la norma ASTM D-2487, los cuales han sido contrastados con la descripción visual-manual de acuerdo a la norma ASTM D-2488, obtenida en la

estratigrafía de la exploración de campo, procediéndose a compatibilizar las diferencias existentes, obteniéndose luego el perfil estratigráfico definitivo del subsuelo para cada calicata.

#### 4.4.3.1 Clasificación de Suelos SUCS

Los suelos predominantes en la población de Machupicchu (aguas calientes) sector Urbano y zona de expansión son principalmente suelos arenosos tales como SM(Arena Limosa con grava ), SP SM(Arena mal graduada con limo y grava ) SW(Arena bien graduada con grava), SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava), GP(Grava mal graduada con arena) SP(Arena mal graduada con grava), con presencia de bolones y bloques de rocas graníticas. Los suelos se encuentran como matriz entre los bolones y bloques que se presentan distribuidos caóticamente.

Las arenas y gravas son producto de la erosión de las rocas graníticas que se encuentran en el área, Estos suelos se encuentran como producto de rellenos de los desbordes del río Vilcanota y como parte del cono aluvial de la quebrada de aguas calientes y Alcamayo, así como de rellenos antrópicos realizados para la construcción de la plataforma de carretera y de edificaciones. **Mapa N° 14**

En algunos sectores (se define en la zonificación de suelos) los suelos en los estratos superficial e inmediato inferior, que se encuentran como rellenos no controlados y están sin ningún grado de consolidación con presencia de gravas guijas y guijarros y en otros casos bolones y bloques. En otros sectores principalmente aguas arriba de la quebrada Alcamayo los suelos superficiales son orgánicos con espesores de 0.50 a 1.00m de espesor debajo del cual se encuentran arenas con gravas que hacen de matriz de bolones y bloques, eventualmente se encuentran arenas limpias en horizontes poco espesos.

En el cuadro siguiente se resume los resultados de los ensayos de mecánica de suelos realizados y la clasificación correspondiente:

Cuadro N° 24

CALICATA	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	Descripción	AASHTO
C -01	37.59	48.5	13.91	NP	NP	NP	SM	Arena Limosa con grava	A-1-a
C -02	23.6	56.55	19.85	NP	NP	NP	SM	Arena Limosa con grava	A-1-b
C -03	29.48	61.74	8.78	37.19	NP	NP	SP-SM	Arena mal graduada con limo y grava	A-1-a
C -04	30.34	67.67	1.99	NP	NP	NP	SW	Arena bien graduada con grava	A-1-a
C -05	27.87	64.11	8.02	NP	NP	NP	SW-SM	Arena bien graduada con limo y grava	A-1-a
C -06	63.87	34.92	1.21	NP	NP	NP	GP	Grava mal graduada con arena	A-1-a
C -07	11.28	87.65	1.07	NP	NP	NP	SP	Arena mal graduada con grava	A-1-a
C -08	41.81	56.71	1.48	NP	NP	NP	SP	Arena mal graduada con grava	A-1-a
C -09	22.94	62.98	14.08	NP	NP	NP	SM	Arena Limosa con grava	A-1-a
C -10	24.27	73.73	2	NP	NP	NP	SW	Arena bien graduada con grava	A-1-a

El detalle de la Estratigrafía de cada una de las calicatas, se presentan en el anexo.

#### **4.4.3.2 Zonificación Geotécnica (Capacidad Portante de Suelos)**

Para el análisis geotécnico de las cimentaciones se debe considerar la capacidad portante admisible o presión admisible del suelo así como los procesos de erosión superficial e interna de los suelos, debido a la presencia de arenas como matriz de soporte de las gravas y bolones y bloques. **Mapa N° 15**

##### **Capacidad Portante Admisible de los Suelos**

En el presente ítem se desarrolla el cálculo de la capacidad portante de los suelos del área de Estudio; en función a los resultados de las prospecciones de campo tanto ensayos como inspección morfológica así como los resultados de laboratorio.

Para el cálculo de la capacidad portante se ha considerado el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos como son la resistencia la corte, deformación y clasificación de los suelos y del macizo rocoso.

Para realizar los cálculos de la capacidad portante admisible se han elaborado una hoja de cálculos, considerando los parámetros de cohesión, ángulo de fricción, densidad de los suelos, y otros como la profundidad y área.

Los resultados de ensayos de mecánica de suelos, tal como se presenta en la zona de estudio no permiten realizar ensayos de corte directo de acuerdo a la norma ASTM D-522, debido a que es imposible el remoldeo a su densidad natural por ser suelos arenosos y gravosos de modo que se ha realizado ensayos de corte directo a gran escala en este tipo de suelos que predominan en el área.

El cálculo de capacidad de carga admisible o capacidad portante se ha efectuado considerando el tipo de edificación promedio urbana; que resulta en las actuales condiciones una edificación típica para el común de los pobladores del área urbana de la ciudad de Machupicchu.

Una característica casi general de la zona de estudio en la zona urbana actual, es la presencia de suelos de relleno no controlado en espesores variables, debajo de este material se encuentran bolones, y bloques de rocas graníticas que le otorgan una estabilidad y capacidad portante importante, sin embargo entre los bloques se hallan vacíos o cavidades interconectadas que predisponen a procesos de erosión interna, que al perder estos suelos que son la matriz la capacidad portante disminuye y son proclives de perder estabilidad.

En la zona del Helipuerto y del hotel Inka terra , en general aguas arriba del puente Alcamayo las características geotécnicas son diferentes, ya que no se presentan los rellenos no controlados, son suelos arenosos con gravas debajo de suelos orgánicos cuyas capacidad portante presentan un comportamiento distinto.

Los resultados de la capacidad portante admisible para los diferentes sectores que han sido evaluados se muestran en el cuadro siguiente, cuyos resultados se incluye en anexos, en el que se estiman valores de capacidad admisible para diferentes áreas de zapatas cuadradas y profundidades. Se debe indicar que las profundidades son válidas solo para las zonas donde los suelos no estén contenidos de macizo rocosos, ya que en algunos lugares a 3 metros ya se podrá tener el macizo rocoso granítico. Los valores de capacidad portante admisible de cimentaciones calculados son:

Cuadro N° 25

CALICATA	UBICACIÓN	$\phi$	c	$\gamma$	Capacidad portante admisible (Kg/cm <sup>2</sup> )
C -01	Taller de Municipalidad	31.38	0.20	1.81	3.91
C - 02	Deposito residuos sólidos	33.02	0.28	1.77	5.57
C - 03	Jardín borde del río	37.23	0.24	1.81	4.15
C - 04	Hotel Sumac	36.13	0.20	1.71	3.34
C - 05	Puente río Alcamayo	31.38	0.38	1.82	2.13
C - 06	Talud Hotel Inka Terra	36.87	0.26	1.89	4.14
C - 07	Helipuerto	37.60	0.29	2.12	5.02
C - 08	Hotel Killinchu	31.38	0.29	1.85	2.04
C - 09	Estadio Municipal	33.82	0.32	1.79	2.71
C - 10	Camino aguas termales	34.61	0.32	1.87	3.12

La capacidad portante de los suelos en la Ciudad de Machupicchu con la información de laboratorio y las observaciones de campo tienen resultados encima de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

### Mapa de Zonificación de Capacidad Portante

Con los parámetros geotécnicos de capacidad Portante admisible se ha realizado el mapa de zonificación para la Ciudad de Machupicchu sector Urbano, y se ha establecido la conformación de tres zonas, los cuales se presentan en el PLANO DE CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS, de acuerdo a la siguiente descripción:

Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 0.50 a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>, entre los que están considerados los sectores entre el Puente Alcamayo y Hotel Killinchu

Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 2.5-5.00 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando los sectores de taller de Municipalidad de Machupicchu, Calles de la /8ciudad, Hotel Inkaterra, Estadio Municipal, acceso a aguas termales y Estación del ferrocarril

Zonas con capacidades portantes mayores a 5.00 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando los sectores de Planta de residuos sólidos y la zona del Helipuerto.

Estas zonas se han delimitado teniendo en cuenta adicionalmente de los cálculos en base a los resultados de ensayos de laboratorio y ensayos in situ, otros aspectos como los geomorfológicos y la conformación geológica.

### Ensayos de Consolidación

Se ha realizado ensayos de consolidación en los suelos más finos en muestras de cinco calicatas para establecer los asentamientos de los suelos. Estos ensayos han sido realizados con la finalidad de complementar los criterios de zonificación geotécnica de la ciudad de Machupicchu.

Para la obtención de los asentamientos por consolidación se ha utilizado los resultados de ensayos de consolidación unidimensional, efectuados en la muestras con presencia de más de 10% de finos.

El asentamiento que se produce en este tipo de suelos esta en el orden de 36 mm a 71 mm, debido a que estos suelos se encuentran sin ningún grado de consolidación, que son proclives de asentamientos por consolidación hasta en un 1.2% de su espesor total, siempre que los suelos se encuentren sin presencia de gravas y bolones, que son en conjunto los que evitan una consolidación y asentamiento en el conjunto del estrato.

### **Zonificación Geotécnica**

La zonificación geotécnica se ha realizado en función de los resultados encontrados en los ítems anteriores, tal como se ha descrito en cada uno de ellos procediéndose a la elaboración de la zonificación geotécnica para el área de Estudio que comprende la presencia de hasta tres Tipos de suelos de cimentación en función de sus características geotécnicas; lo cual se presenta en el plano zonificado de clasificación de suelos de acuerdo a la descripción siguiente:

Los suelos de fundación de la ciudad de Machupicchu existentes son los suelos arenosos que se comportan como suelos bien graduados y suelos mal graduado y los que se encuentran fundados en el macizo rocoso

En los suelos bien graduados se han agrupado Las arenas bien graduadas con grava (SW), arenas bien graduadas con limo y grava (SW-SM) y las arenas limosas con grava (SM).

En los suelos mal graduados se han agrupado las arenas mal graduadas con grava (SP), las arenas mal graduadas con limo y grava (SP-SM), y las gravas mal graduadas con arena (GP).

Como se puede observar la mayoría son arenas con contenidos de limos y gravas en diferentes porcentajes. Se podría haber clasificado como un solo tipo de suelos arenosos, sin embargo siendo el comportamiento de los suelos bien graduados distinto al de los mal graduados se ha optado por zonificarlos bajo este criterio, sumado a ellos con la presencia de bloques y la disposición de los rellenos no controlados.

#### **4.4.3 Mapa de Peligros Geotécnicos**

##### **Fenómenos de Origen Geotécnico**

Los fenómenos de origen geotécnico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en el área de estudio, son los siguientes:

##### **- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)**

Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad portante y en donde los esfuerzos actuantes inducidos por una estructura de cimentación de alguna obra específica, pueden ocasionar la falla por corte y asentamiento del suelo. Un suelo con una capacidad portante de 2.00 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo se le considera aceptable para una cimentación común y para valores menores se deberá realizar estudios puntuales que permitan establecer la capacidad portante en condiciones dinámicas y amplificación de ondas sísmicas.

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

Los cambios de volumen en suelos de fundación se producen generalmente en suelos colapsables, es decir que por un alto contenido de humedad natural, un alto Límite Líquido y un alto Índice Plástico (mayor al 15%), es posible que se produzcan cambios moderados de volumen por cambios en el contenido de humedad y que ocurren

generalmente en las épocas más secas y calurosas del año. Estando ausentes este tipo de suelos en el área de la ciudad de Machupicchu no se espera la ocurrencia de este tipo de problemas

- **Perdida de resistencia mecánica por lixiviación**

Este proceso se genera en los suelos de fundación que se encuentra fuertemente cementado por la presencia de sales de variado tipo. En aquellos suelos en donde la presencia de una napa freática sea importante, en donde se presente un flujo de agua subterránea y en donde el contenido de sales totales sea mayor a 15,000 ppm., es posible la pérdida de resistencia mecánica por el efecto de lixiviación.

Se ha realizado ensayos de contenido de sales en las muestras obtenidas de los pozos excavados, cuyos resultados se encuentran en el rango de 139 ppm a 450 ppm de contenido de sales, valores que se encuentran por muy debajo de los límites permisibles que puedan afectar por lixiviación. Por tanto no se espera pérdida de resistencia mecánica por el contenido de sales.

- **Agresión química del suelo al concreto**

Este proceso físico químico se produce en el suelo de fundación que tiene un alto contenido de Sulfatos (S04). En aquellos suelos en donde el contenido de Sulfatos (S04) sea mayor a 2000 ppm. Se considera que el suelo tendrá una agresividad química severa al concreto de las estructuras de cimentación, mientras que para valores por debajo de 1000 ppm la agresividad química del suelo se considera despreciable. De acuerdo a los resultados de ensayos realizados, estos no se encuentran presentes, ya que la litología del área por donde discurren las aguas superficiales son rocas intrusivas sin presencia de sulfatos que puedan disolver, por lo que no se espera este tipo de procesos físico químicos en el área de la ciudad de Machupicchu.

Los fenómenos de la presencia de oquedades entre los bloques que se encuentran debajo de los suelos de relleno, son los problemas de origen oculto que no es posible determinar con precisión, por lo que es muy importante que para la autorización de edificaciones de más de dos pisos, estos deberán escavar hasta encontrar suelos sin cavidades o vacíos que pueden ocasionar asentamientos diferenciales en las construcciones, en todo caso estas deberán tener zapatas corridas.

- **Erosión lateral de suelos de fundación**

Este proceso hidráulico mecánico ocurre por el golpeteo constante del agua con contenidos de sólidos en suspensión y saltación que transporta el río, con mayor incidencia en las temporadas de precipitación en la región.

Este proceso es el más preocupante en la ciudad de Machupicchu, dado que durante las crecidas del río no solamente existe el peligro de la inundación sino principalmente la erosión de los suelos de fundación de las edificaciones que se encuentran en el borde del río y sus proximidades que erosiona con facilidad las estructuras inclusive de concreto.

**Evaluación de Peligros Geotécnicos**

El peligro geotécnico de mayor incidencia por no decir el único y de mayor carácter destructivo es la erosión lateral de los suelos de cimentación de las edificaciones presentes en las riberas del río Vilcanota, Alcamayo y en menor proporción del río Aguas Calientes que ha sido prácticamente canalizada en la zona urbana de la ciudad de Machupicchu.

## **Zonificación de Peligros Geotécnicos**

Los peligros de origen geotécnico, están basados, principalmente por los efectos erosivos en la cimentación de las edificaciones en periodos de mayores intensidades de precipitación en los que se incrementa el caudal de los ríos Vilcanota, aguas Calientes y Alcamayo. **Mapa N° 16**

### **Peligro Geotécnico Muy Alto**

La capacidad portante en esta zona es sorprendentemente más alta en relación a otros sectores, debido a que presencia de bloques y boconería de rocas graníticas que le otorgan estabilidad soportados en arenas limosas que generalmente se hallan compactadas. Sin embargo en crecidas del río Vilcanota los suelos arenosos que se encuentran soportando a los bolones y bloques son muy proclives de ser erosionados fácilmente por corrientes de agua que circulan entre los intersticios de las rocas, lo que le quita el soporte y disminuye su capacidad portante de las edificaciones con el consiguiente colapso. Paralelamente otro peligro, es por erosión lateral, debido al golpeteo a la cimentación de edificaciones que se encuentran literalmente en el cauce del río, separados por algunos sacos de arena y bloques de rocas.

Corresponde a sectores de todos los establecimientos (hoteles, restaurantes, bancos etc.) que se hallan debajo de la línea férrea que conduce a la Central Hidroeléctrica de Machupicchu, y los que se ubican en los bordes de las quebradas de Alcamayo y Aguas Calientes.

### **Peligro Geotécnico Alto**

Se ha delimitado a aquellas áreas donde el terreno es de fuerte pendiente a moderada, donde el nivel freático puede encontrarse entre 3- 4 m de profundidad, esto por evidencias indirectas, como son los manantes de agua en las distintas zonas de la ciudad.

La capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>. Si bien es cierto la capacidad portante es adecuada para las edificaciones, esta capacidad puede ser disminuida por la erosión de la cimentación de las edificaciones.

La erosión puede alcanzar los niveles de cimentación en un proceso de aluvión o inundación del río Vilcanota, por esta razón se considera como peligro alto.

### **Peligro Geotécnico Medio**

Representa suelos compactos o presencia de bloques y bolones, alta compacidad y capacidad portante, nivel freático ausente, tal vez más profundo, alejada de taludes inestables.

En la ciudad de Machupicchu, corresponde a la zona de la ciudad, más arriba de la línea férrea abarcando la zona del Estadio Municipal, Cementerio y edificaciones de las principales calles de Machupicchu, así mismo el área del Hotel Inkaterra. La capacidad portante para estas zonas está entre 1.0 y 2.00kg/cm<sup>2</sup>, sin peligros por asentamientos.

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

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

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

Comprende prácticamente un 70 % del cono aluvial donde actualmente yace Machupicchu Pueblo, las laderas disectadas de la margen derecha del río Vilcanota sus cauces erosivos, zona de desbordes e inundaciones en la zona de confluencia de los ríos Alcamayo, Aguas Calientes al Vilcanota, las laderas y vertientes que circundan al pueblo, donde se hallan botonería suelta de diámetros considerables, la zona de caída de rocas en afloramientos rocosos graníticos, diaclasados y fracturados, halladas en cierta parte de la ciudad y a las partes superiores a lo largo de las Qdas. Alcamayo y Aguas Calientes y sus zonas de carcavamiento en la parte superior margen derecha de la Qda. Aguas Calientes concibiendo también a la cabecera los desprendimientos y flujos de material morrénico.

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

En suma de toda la zona de estudio constituye el 90 % de la extensión geográfica, asentándose más en ambas sub cuencas desde el divortium hasta las partes bajas y cauces donde se dan las laderas disectadas con caída de rocas en la margen izquierda y derecha de las quebradas Alcamayo y Aguas Calientes, así como pequeños espacios halladas en propia ciudad y el cerro hallado en la margen izquierda del Río Vilcanota ubicada al SW de la ciudad.

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

Constituye un porcentaje mínimo de área geográfica hallada en propio pueblo, la cual comprende el estadio, la estación de trenes, el cementerio y parte de los terrenos de INKATERRA, constituyéndose como zonas de evacuación ante sismos y huaycos o aluviones que puedan suceder en ambas quebradas.

##### **4.5.2. Mapa de Peligros Naturales (Ver Mapa N° 19)**

#### **4.6 Peligros Tecnológicos**

##### **4.6.1. Clasificación de Peligros de origen Tecnológico**

Peligros originados de origen tecnológico como consecuencia de la actividad del hombre. Pueden causar muertes, lesiones y daños materiales, interrumpir la actividad social y económica y degradar el medio ambiente, en algunos casos pueden ocasionar una situación de emergencia.

La causa fundamental de los peligros tecnológicos lo constituyen los procesos y actividades realizadas por el hombre de manera inadecuada.

Los peligros tecnológicos son eventos no naturales y pueden ser:

###### **a. Contaminación**

Degradación de uno o varios elementos del medio ambiente por residuos industriales, químicos o biológicos nocivos, desperdicios o productos

producidos por la actividad humana, y por la mala gestión de los recursos naturales y medioambientales.

**b. Incendios forestales**

Referida al fuego que se expande sin control sobre el terreno forestal afectando a las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. El desarrollo del fuego ocasiona la emisión de gases contaminantes nocivos para los seres vivos.

**c. Liberación accidental de sustancias peligrosas**

Ocurre durante la producción, el transporte o el manejo de sustancias químicas peligrosas, ocasionan situaciones peligrosas debido a la liberación de una sustancia nociva para la salud de las personas y el medio ambiente.

**d. Explosión química**

Destrucción violenta causada por la explosión de material combustible, casi siempre de origen químico.

**e. Epidemias, epizootias y plagas.**

Como son el dengue, el cólera y la malaria que podría constituir un peligro a mayor escala por eventos naturales como inundaciones, desborde de ríos, lluvias intensas, etc.

Machupicchu Pueblo es una ciudad que ubicada a 1,700 m.s.n.m, sobre una explanada al borde del río Vilcanota, se halla atravesada por el río Aguas Calientes y el río Alcamayo que recorren la ciudad de noreste al sur oeste. Por las características geográficas y fisiográficas el emplazamiento urbano se encuentra rodeado por montañas y cerros que no permite un mayor crecimiento urbanístico.

Machupicchu pueblo por la cercanía al Santuario Histórico de Machupicchu es una ciudad eminentemente turística que ofrece servicios a sus visitantes. Más del 90% de las estructuras han sido edificadas o modificadas para hoteles, hostales y restaurantes. Sin embargo a pesar de que el emplazamiento urbano es pequeño, se han identificado problemas de contaminación ambiental principalmente por la emisión de gases de los vehículos de transporte (ómnibus hacia el santuario) y del tren que constantemente producen la contaminación del aire afectando a los pobladores y visitantes. Por otro lado, se tiene los vertidos de desagües de la ciudad que son canalizados directamente al río Vilcanota afectando las características fisicoquímicas del mismo, las aguas residuales contienen excrementos, detergentes, aceites y otras sustancias que producen el deterioro de los microorganismos y animales acuáticos lo cual va en detrimento de la calidad del río. En relación a los residuos dentro de área urbana el sistema de recojo y limpieza funciona durante todo el día, sin embargo se ha identificado algunos puntos alrededor de la ciudad y en las riberas de los ríos donde existe acumulación de desmonte y desechos sólidos.

En relación a los riesgos por sustancias inflamables, sustancias químicas, entre otros que puedan producir un eventual incendio o explosión, se ha identificado que por la lejanía y difícil acceso a la ciudad, Machupicchu Pueblo debe contar con un sistema que pueda proveer asistencia en caso de un incidente urbano. Actualmente no existe en la ciudad una compañía de bomberos próxima o una brigada que pueda atender un eventual incendio, ni de los medios e instrumentos como hidrantes de incendio, equipos, personal, etc. **Mapa N° 18**

Fig. 22



Fuente: Imagen Satelital Geoeye – Ambito urbano de Machupicchu

**Cuadro N°26**  
**Registro de Emergencias INDECI período 2003 - 201**

Evento	Fecha	Hechos	Distrito	Localidad
Incendio forestal	06/10/2003	Incendio cerro San Miguel. Lado posterior del Huaynapicchu en una extensión aproximada de 10 Ha.	Machupicchu	San Miguel
Derrumbe	21/03/2003	Km 51 de la línea férrea Cusco - Machupicchu. Tramo Huarcocondo.	Machupicchu	Cedrobamba
Deslizamiento	10/04/2004	Desde el Km. 101 - 104 de la vía férrea	Machupicchu	Machupicchu
Inundación	10/04/2004	Desborde del río Alccamay	Machupicchu	Machupicchu
Inundación	18/01/2004	Km 101 de la vía férrea Cusco - Machupicchu provocado por el riachuelo Cedrobamba.	Machupicchu	Cedrobamba
Incendio forestal	28/09/2005	Incendio en la cumbre del cerro Putucusi	Machupicchu	Machupicchu
Incendio forestal	23/08/2005	Incendio en el sector de Piscacucho	Machupicchu	Machupicchu
Incendio forestal	13/07/2005	Incendio en el Km 93 de la vía férrea Cusco - Machupicchu	Machupicchu	Pampajahua
Incendio forestal	03/07/2005	Incendio en el Km 92 de la vía férrea Cusco - Machupicchu	Machupicchu	Torontoy
Lloclla (Huayco)	03/02/2005	Huayco ocasionado por intensas precipitaciones	Machupicchu	Mandor
Incendio forestal	06/08/2006	Incendio en la margen izquierda hacia el Aobamba y cabecera hacia Lactapata.	Machupicchu	Machupicchu
Deslizamiento	05/04/2006	Deslizamiento en la zona de Intipunku	Machupicchu	Machupicchu
Helada	14/09/2007	Bajas temperaturas ocasionan heladas	Machupicchu	Machupicchu
Helada	20/08/2007	Bajas temperaturas ocasionan heladas	Machupicchu	Machupicchu
Deslizamiento	24/01/2008	Deslizamiento de rocas y piedras hacia el lado norte de la plaza de Armas.	Machupicchu	Machupicchu
Inundación	26/01/2010	Inundación por crecidas de ríos a consecuencia de intensas lluvias.	Machupicchu	Machupicchu
Deslizamiento	24/01/2010	Intensas lluvias produjeron deslizamientos	Machupicchu	Machupicchu
Precipitaciones	07/09/2011	Se produjeron intensas precipitaciones pluviales	Machupicchu	Huayllabamba e Intihuatana

Fuente: SINPAD-INDECI

### 4.6.3. Peligros Tecnológicos

#### 4.6.3.1 Contaminación Ambiental

##### A. Contaminación del Agua

La contaminación del agua se produce cuando las características fisicoquímicas y bacteriológicas han sido modificadas, de manera que ya no reúne las condiciones necesarias para su uso al que se le hubiera destinado en su estado natural.

##### **Calidad de agua para consumo humano**

El agua de buena calidad para el consumo humano, es apta cuando se encuentra libre de sustancias y microorganismos que constituyan riesgo en la salud de las personas. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, la cuales son normadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) y la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.)

En la ciudad de Machupicchu las captaciones y reservorios de agua se ubican en las afueras y zonas altas en el sector de las aguas termales.

El personal de la unidad de salud ambiental de la red de Salud Cusco Norte – DIRESA, es el responsable de realizar el análisis y monitoreo físico químico y bacteriológico de la calidad del agua para el consumo humano de la ciudad de Machupicchu. Sin embargo en el presente trabajo se ha considerado las pruebas físico químico y bacteriológico de las cuales se ha obtenido el siguiente resultado:

**Cuadro Nº 27** Resultado de Análisis Bacteriológico

Sistema				MACHUPICCHU
Fecha de muestreo				20.12.2011
Fecha de análisis				20.12.2011
Procedencia				Pileta domiciliaria
Parámetros	Unidad	Reglamento R.S. 17.12.46	Guía de la OMS	
Cloro residual	mg/l			---
Coliformes totales	NMP/100 ml	0	0	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	0	0	0
Conclusiones				Cumple con los valores establecidos para el consumo humano

Fuente: Laboratorio MICROLAB.

**Cuadro Nº 28** Resultado de Análisis Físico Químico

Sistema			MACHUPICCHU
Fecha de muestreo			20.12.2011
Fecha de recepción			20.12.2011
Procedencia			Pileta domiciliaria
Parámetros	Unidad	LMP*	Resultados
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500	32.0
Cloruros	mg/L Cl	250	6.4
Turbiedad	NTU	5	1.6
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	130
Nitratos	mg/L	50	--
Nitritos	mg/L	3	--
Sulfatos	mg/L	250	0.4
Magnesio	mg/L	200	2.4
Cobre	mg/L	2	--
Calcio	mg/L	200	8.8
Bicarbonatos	mg/L	--	23
Conductividad	µs/cm	1500	210.0
pH (en lab.)	---	6.5 - 8.5	7.8
Otros	---		--

Fuente: Laboratorio MICROLAB.

Para el caso del análisis bacteriológico del agua que abastece la ciudad de Machupicchu, se puede observar según los resultados que si cumple con los valores establecidos para el consumo humano. Igualmente para el caso de las prueba físico química, los resultados muestran que todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los valores límite permisibles para el consumo humano.

### Contaminación de ríos

Las aguas residuales en la ciudad de Machupicchu son aguas procedentes de uso doméstico como restaurantes, hospedajes y viviendas. La red de desagüe reúne las descargas en un colector hacia el río Vilcanota a una distancia de 200 m del ámbito urbano de la ciudad. Las aguas residuales van directamente al río, ocasionando la contaminación y alteración de las características naturales río.



**Foto 80.** El vertido de las aguas residuales contamina el río Vilcanota.

## B. Contaminación del Aire

Machupicchu pueblo por constituir una estructura urbana pequeña, así como por la actividad turística que desarrollan sus habitantes no presenta instalaciones dedicadas a la industria. Sin embargo la circulación de vehículos de transporte (ómnibus y tren) tanto de turistas nacionales, extranjeros así como de los pobladores produce la emisión de gases producto de la combustión del petróleo y gasolina.

### **Contaminación por gases**

La ciudad de Machupicchu Pueblo se encuentra expuesta a la constante emisión de gases de los vehículos de transporte como el tren de pasajeros que circula por la Av. Imperio de los Incas y la calle Kori Wakanki. Así como los omnibus que llevan a los visitantes al Santuario de Machupicchu, que transitan continuamente por la Av. Hermanos Ayar.

Los gases como el monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) contaminan la ciudad afectando de forma directa las características del aire y la salud de los pobladores, particularmente aquellos que se ubican en los alrededores de la rutas transitadas (ver mapa síntesis por radios de acción).



Foto 81 y 82. Emisión de gases de ómnibus y vehículos de la ciudad de Machupicchu.



Foto 83 y 84. Tren de visitantes y unidades vehiculares para el transporte de materiales de construcción.

### **Contaminación por cementerios**

El cementerio de la ciudad de Machupicchu está ubicado en dirección sureste del ámbito urbano, en el pasaje Chuspicha. Alrededor del emplazamiento de la infraestructura existen viviendas, hostales y locales comerciales. La ubicación del cementerio ocasiona la contaminación del aire por las emanaciones de los restos humanos afectando la calidad del aire y a los pobladores que se encuentran en las proximidades.

A continuación se citan las siguientes normas para el establecimiento de un cementerio, según la ley de cementerios y servicios funerarios (Ley N° 26298 y su reglamento D.S. N° 03-94-SA):

- Los cementerios públicos y privados se encontrarán en emplazamientos con suelo de textura arcillosa o arenosa.
- La napa freática deberá estar a una profundidad mayor de 2.5 m.
- Orientado convenientemente en relación a los vientos dominantes para no afectar poblaciones.
- La pendiente no debe ser mayor a 20 grados con el fin de tener buen drenaje.
- Distancia mínima a zonas de acumulación de residuos sólidos, desmote o relleno sanitario de menos de 100 m.
- Altura del cerco perimétrico no menor de 2.40 m. Entre el cerco y área de entierro debe haber un pasaje perimetral de no menos de 2.00 destinado a áreas verdes.
- Debe contar con calles interiores con el objeto de circunscribir cuarteles de nichos o áreas de enterramiento.

### **Contaminación Electromagnética**

La cual es producida por los campos electromagnéticos de los equipos electrónicos que pueden provocar enfermedades en el cuerpo humano a mediano y largo plazo. Los campos electromagnéticos (CEM) de baja frecuencia (50 Hz) se generan alrededor de cualquier equipo eléctrico que esté funcionando, sobre todo transformadores (o electrodomésticos que los incorporen), motores y equipos electrónicos (TV, ordenadores, equipos de música, etc.) También provocan contaminación electromagnética las líneas eléctricas de alta tensión y conductores de cualquier instalación eléctrica.

### **Antena de Radio y Televisión**

En la ciudad de Machupicchu se ha registrado antenas de radio local y televisión, así como diversas viviendas que cuentan con antena de televisión de canales nacionales e internacionales (cable).



**Foto 85 y 86.** Antena de radio encima de la municipalidad (Plaza Manco Cápac) y Calle Collasuyo respectivamente.



**Foto 87 y 88.** Antenas de cable televisión.

### ***Red eléctrica***

La red eléctrica que provee alumbrado público pasa por las calles y avenidas de la ciudad de Machupicchu, así como postes transformadores de energía eléctrica en la Av. Hermanos Ayar (Puente Presidente) y la Alameda los Artesanos (Puente Pantigoso).



Foto 89 y 90. Red eléctrica de alumbrado público y postes transformadores de energía.

### C. Contaminación del Suelo

Referida al proceso de deterioro progresivo debido a la presencia de elementos contaminantes, ocasionando la pérdida de las condiciones naturales físicas y químicas del suelo y como consecuencia su posterior desequilibrio.

#### **Contaminación por residuos municipales**

La limpieza de la ciudad se encuentra a cargo de la Municipalidad distrital de Machupicchu. Las tareas de barrido se realizan de manera manual (barrido con escoba), la recolección de los residuos son acumulados en costales y carretillas. El personal de limpieza cuenta con la indumentaria adecuada para la presente actividad (mamelucos, botas, guantes y gorras).



Foto 91 y 92. Personal de limpieza y recolección de residuos sólidos generados en la zona urbana de Macchupicchu Pueblo.

Una vez acumulados los residuos son llevados en carretillas a la zona de puente ruinas donde se realiza la clasificación y diferenciación, posteriormente son transportados a la zona de Maras, como sitio de disposición final.

La frecuencia de la limpieza de la ciudad es realizada diariamente desde tempranas horas de la mañana hasta finalizar la tarde durante los siete días de la semana. No obstante a pesar de que el servicio de limpieza se realiza de manera continua existen cúmulos de residuos sólidos, que en algunos casos se encuentran mezclados con material de desmote sobre todo en las zonas periféricas de la ciudad de Macchupicchu.



**Foto 93 y 94.** Residuos sólidos al final del pasaje Huancacalle y en la ribera del río Vilcanota (desmote y basura)

#### **4.6.3.2 Epidemias, epizootias, plagas,**

##### **Mercado**

El mercado municipal de abastos Machupicchu se ubica próximo a la margen derecha de la quebrada Aguas Calientes entre las Av. Hermanos Ayar y Av. Imperio de los incas. Las instalaciones se encuentran en buen a regular estado, el giro del comercio es de abarrotería, expendio de comidas y productos de pan llevar.



**Foto 95** Mercado de abastos de Machupicchu

## **Botaderos**

No obstante a pesar de que el servicio de limpieza se realiza de manera continua existen cúmulos de residuos sólidos, que en algunos casos se encuentran mezclados con material de desmonte sobre todo en las zonas periféricas de la ciudad de Macchupicchu.



**Foto 96** Acumulación de residuos sólidos en riberas del río y laderas

### **4.6.3.3 Sustancias Químicas**

#### **A. Sustancias Químicas Peligrosas**

Son aquellos elementos químicos y sus compuestos que en su estado natural o como se producen por la industria pueden producir daños de manera directa o indirecta a las personas y al medio ambiente. Los agentes químicos al entrar en contacto con un individuo pueden ser absorbidas por las diferentes vías de entrada: inhalatoria, dérmica y digestiva. Estos compuestos tienen la capacidad de producir efectos biológicos adversos, que dependiendo de su concentración ocasionará daños a la salud de los organismos.

En Machupicchu Pueblo no existen industrias que puedan constituir riesgo para la salud de las personas, sin embargo existen establecimientos que expenden productos de naturaleza química que podrían generar una situación de peligro.

#### **Centros de salud y boticas**

En relación a las boticas y centros médicos, estas últimas se encuentran distribuidas en diferentes puntos de la ciudad de Machupicchu. Plaza Manco Cápac, Calle Mayta Cápac, Calle Yahuar Huaca y Av. Imperio de los Incas.



Foto 97 Botica en la Plaza Manco Cápac.



Foto 98. Centro médico en la calle Mayta Cápac.



Foto 99 Centro médico (Clínica Paredes) en la Av. Imperio de los Incas.

## B. Inflamabilidad y Explosiones

### Venta de Gas

El establecimiento de venta de gas se encuentra ubicado en la calle Inca Roca, el traslado de los balones de gas generalmente es realizado en carretillas debido a que la mayoría de las calles son angostas y la ciudad es pequeña.

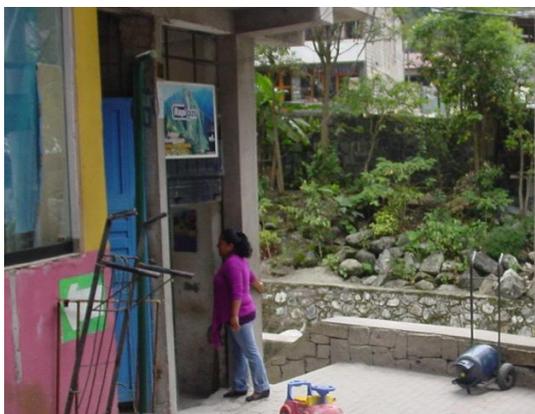


Foto 100 y 101 Establecimiento de venta de gas en la calle Inca Roca y transporte de balones de gas respectivamente.

### **Ferreterías**

Dentro del sistema urbano se ha identificado las ferreterías ubicadas en la Av. Imperio de los Incas y la calle Collasuyo.



**Foto 102** Ferretería en la calle Collasuyo.

### **Incendios Forestales**

Debido a las temperaturas altas durante entre Junio a Agosto, las descargas eléctricas (rayos) en nubes convectivas durante épocas lluviosas en las laderas que rodean la Machupicchu pueblo son proclives los incendios naturales, sin embargo también se reportan incendios provocados por malas prácticas agrícolas o con propósito de tala de bosques.



**Foto 103** Incendio natural en laderas

## **4.6.4 Mapa de Peligros de origen Tecnológico (Mapa N° 19 )**

### **Peligro Muy Alto**

- Peligro por incendio urbano y explosión, por establecimientos de venta de gas. Comprende el área del establecimiento hasta 25m de radio área de influencia. Se ha identificado la venta de gas en la esquina de la calle Inca Roca y la Av. Hermanos Ayar, comprende el área del establecimiento hasta 25 m.
- Contaminación de las aguas del río Vilcanota por efluentes domésticos.

### **Peligro Alto**

- Red eléctrica primaria en a lo ancho de calles estrechas, comprende también el área del cableado y el ancho de las calles.
- Transporte de balones de gas en carretillas, por calles estrechas de la ciudad. Comprende hasta 25m de radio de área de influencia.
- Transporte de sustancias peligrosas, en la avenida Imperio de los Incas y la calle Kori Wakanki, comprende una franja de influencia hasta 50 m. de ancho del eje de la vía férrea.

### **Peligro Medio**

- Acumulación de residuos sólidos en algunos sectores de la periferia de la ciudad de Machupicchu hasta 5 m de área de influencia.
- Contaminación de gases, en la zona de la vía férrea por el tránsito del tren en la Avenida Imperio de los Incas y la calle Kori Wakanki, así como los vehículos de transporte hacia el Santuario de Machupicchu.
- Centros de salud, boticas y ferreterías comprende el área de los establecimientos donde se manipulan sustancias químicas
- Cementerio de la ciudad y su área de influencia a 10 m de la infraestructura.
- Mercado municipal donde se manipulan sustancias químicas y orgánicas.
- Descarga de aguas residuales hacia las riberas del río Vilcanota provenientes de restaurantes, hoteles, viviendas y locales comerciales.

### **Peligro Bajo**

- Contaminación electromagnética por la presencia de antenas de radio y cable de televisión hasta 25 de área de influencia.

**CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS**

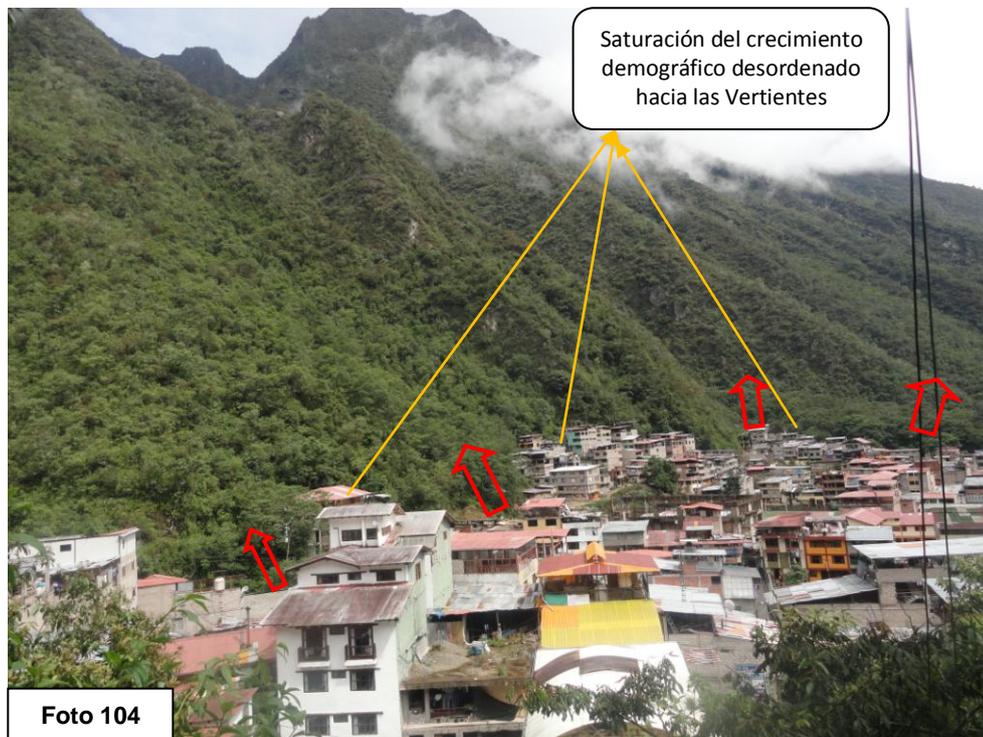
---

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

### 5.1.1. Localización

En la ciudad de Machupicchu, como casi en la totalidad de las ciudades del país, los crecimientos urbanos se dan a través del planeamiento urbano de las municipalidades en terrenos señalados como “aptos” bajo criterios básicamente urbanísticos; y mayormente por las “invasiones u ocupaciones espontáneas” que se dan en terrenos agrícolas, lechos de ríos o quebradas, laderas inestables, áreas intangibles de protección del Estado, sin ningún criterio técnico por supuesto.

Es así que en Machupicchu Pueblo, a raíz del turismo en la última década el crecimiento poblacional rebaso el 200 %, siendo este crecimiento de 1500 a 5000 pobladores en promedio y más por una cuestión migracional de gente rural y urbana externa a la zona, lo que da como efecto a la expansión demográfica desordenada que cada vez más avanzan hacia las vertientes, que dicho sea de paso son áreas de protección natural e intangibles por pertenecer al Santuario Histórico de Machupicchu.



Esta expansión a través de sus construcciones socaban los taludes, activando así deslizamientos antiguos acrecentando el grado de vulnerabilidad, es por todo ello que este pueblo ya no puede crecer más y para controlar ello se propone hacer un cinturón urbano consistente en una trocha de 1.5 m. de ancho, limitado en su lado superior por un cerco ecológico ornamental, que comprenda sus cunetas y drenes correspondientes, ello porque los actuales hitos de concreto tienden a ser movidos, entonces solo así y bajo el monitoreo constante de los señores Guardaparques del SERNANP-SHM, y el personal del Municipio se garantizaría este freno al crecimiento demográfico desordenado.



Foto 105. Construcciones halladas en las vertientes de Machupicchu

### 5.1.2. Condiciones naturales del sitio

Los suelos de la ciudad de Machupicchu comprenden: al Norte, Centro y Este de la ciudad arenas limosas bien graduadas en pendientes moderadas y grava mal graduada en pendientes más inclinadas. A lo largo de las riberas del río Vilcanota en el tramo que atraviesa la ciudad, encontramos la presencia de arenas limosas mal graduadas. Mientras al Sur de la ciudad en la margen izquierda de la quebrada Alcamayo los suelos son puramente gravas mal graduadas. Circundando el perímetro de la ciudad encontramos macizos rocosos intrusivos de roca dura granítica. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de 1.0 a 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa como flujos de lodo, inundaciones, erosión fluvial y pluvial por lluvias intensas son los más relevantes en el área de la ciudad, y aguas arriba de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo los procesos de remoción de masas como caída de bloques rocosos, derrumbes, deslizamientos son los más característicos. En cuanto a la Geodinámica Interna la sismicidad del área es IV en la escala de Mercalli con focos epicentrales superficiales, encontrándose geofallas y geocontactos que atraviesan las microcuencas de Aguas Calientes, Alcamayo aguas arriba de la ciudad de Machupicchu.

En cuanto a los peligros tecnológicos, los aspectos de contaminación del agua del río Vilcanota por efluentes domésticos, el transporte de sustancias químicas a lo largo de la vía férrea, los establecimientos de venta de gas que son potenciales fuentes de incendios y explosiones, y finalmente los incendios forestales naturales u ocasionados son las actividades antrópicas que deben ser controladas y monitoreadas a través de planes de seguridad, saneamiento y contingencia respectiva para cada actividad, éste debe incluir campañas de educación y sensibilización a la población de Machupicchu.

Son las actividades antrópicas que deben ser controladas y monitoreadas a través de planes de seguridad, saneamiento y contingencia respectiva para cada actividad, esto debe incluir campañas de educación y sensibilización a la población de Machupicchu.

Cabe mencionar que Machupicchu Pueblo, por ser un epicentro turístico ya se halla tuburizado por el alto índice de crecimiento demográfico desordenado, no tiene más terreno a donde crecer y por dos motivos, su crecimiento generaría la socavación del talud de las vertientes y el segundo porque invadirían terrenos correspondientes al área natural protegida por el Estado, es decir zona intangible. Asimismo la zona terrenal se halla encima de una potente capa de material coluvial (Cono Aluvial), material concentrado por antiguos huaycos, por todo ello la zona se considerada de muy alto riesgo por su disposición geográfica accidentada y estar amenazado por un conjunto de fenómenos naturales que tienden a tener origen en las Qdas. Aguas Calientes, Alcamayo y el propio río Vilcanota.

Existe una propuesta de expansión demográfica en la zona de Mandorpampa, **ello es inviable** por varias razones, entre ellas por ser una zona intangible o área natural protegida por el Estado y por estar expuesta también a fenómenos naturales las cuales se incrementarían con el asentamiento poblacional en la zona. Ver Figura 23



Foto 106. Socavación y construcción de viviendas en vertiente

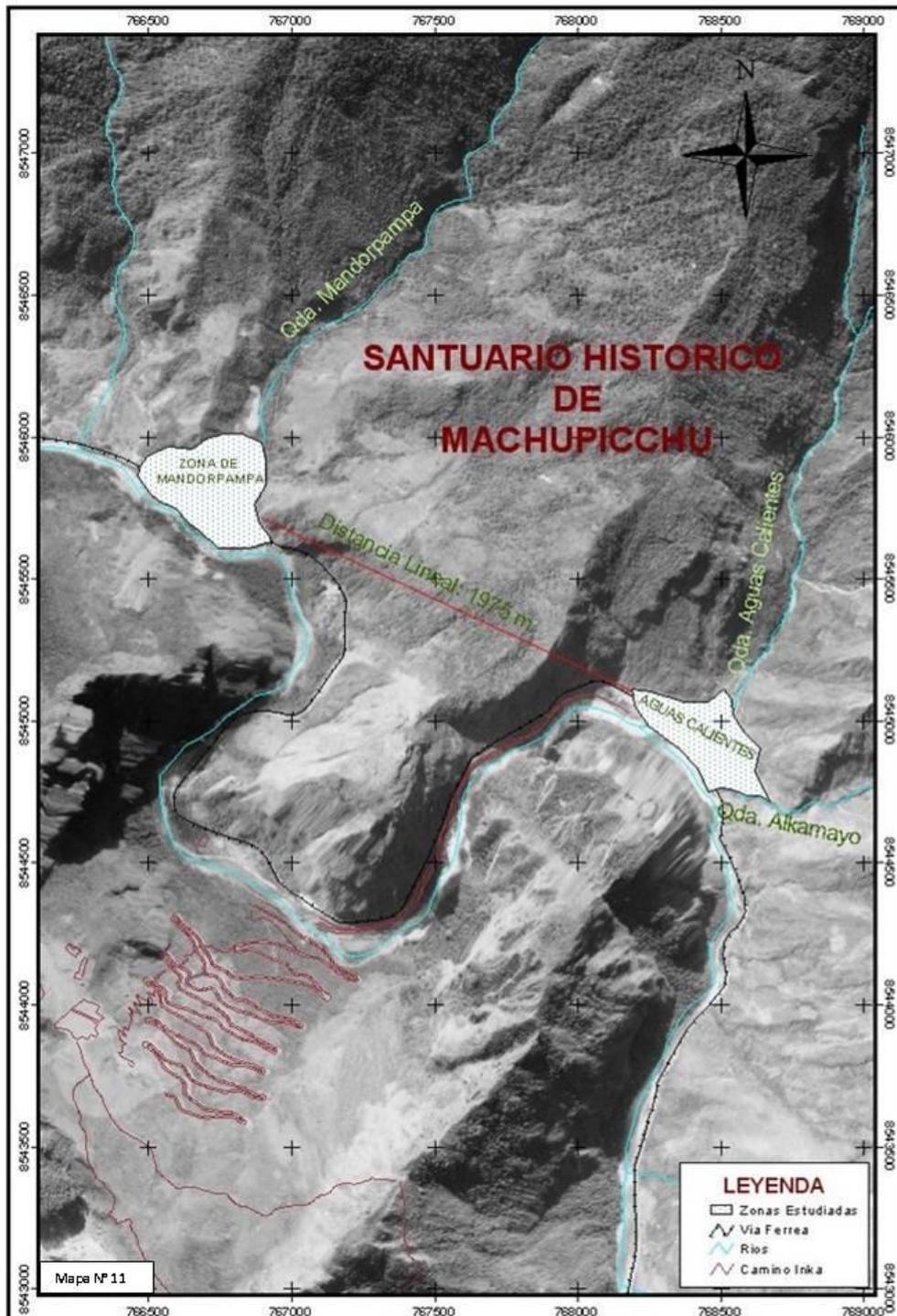
Para fines de cimentación en condiciones normales, los suelos aptos para edificaciones son los ubicados en el área central de la ciudad con alturas de edificación de hasta 3 pisos con zapatas cuadradas de 1.5 m; para alturas mayores, se requiere hacer un diseño apropiado de cimentación con zapata corrida. Para todos los casos se recomienda profundidades de cimentaciones no menor a 1.5 m. La ciudad de Machupicchu no podrá incrementar su área de acuerdo a lo establecido en el Plan Maestro del Santuario Nacional Histórico de Machupicchu, por lo cual su crecimiento urbano tiene restricciones, y la altura de edificaciones deberá respetar el Plan de Reordenamiento Urbano de Machupicchu vigente.

Con la finalidad de promover la seguridad física de la ciudad de Machupicchu y de orientar la ocupación del suelo urbano se ha desarrollado el Mapa de Clasificación del Suelo Urbano con fines de Seguridad Física (Ver Mapa N° 20):

- a. **Suelo Urbano Consolidado:** Abarca el área centro-este de la ciudad ubicada en terrazas medias con suelo compacto y buena capacidad de carga, es el único suelo apto donde el crecimiento vertical debe ser controlado.
- b. **Suelo Urbano Consolidado con restricciones:** Área de la ciudad ocupada y consolidada, cuyo crecimiento y expansión urbana se ha orientado hacia las vertientes expuestas a caída de rocas y de material no consolidado propenso a deslizamientos. Afectación por aluviones de flujos de lodos, detritos y rocas en las zonas contiguas a los cauces de las quebradas de Aguas Calientes y Vilcanota.
- c. **Suelo No Urbanizable – Franja de Seguridad Física:** Áreas sujetas a desbordes e inundaciones del río Vilcanota y de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo. Afectación en las cimentaciones por la permanente erosión fluvial que se intensifica en las épocas de avenidas.

- d. **Suelo No urbanizable de Protección Ecológica:** Corresponde a las laderas rocosas disectadas, accidentadas y empinadas de los cerros Media Naranja, Las Orquideas y Calvario que rodean la ciudad con actividad gravitacional permanente de caída de bloques rocosos, reptación lenta pero gradual de depósitos inconsolidados propensos a deslizamiento, y afectadas por incendios forestales naturales o provocados.
- e. **Suelo No urbanizable de Protección Ambiental:** Comprende el cauce o lecho del río Vilcanota y de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo afectados por la contaminación de los efluentes líquidos vertidos directamente produciendo la disminución gradual de la calidad de sus aguas.

Fig. 23



## **5.2. Pautas Técnicas**

### **5.2.1. Para Edificaciones y habilitaciones urbanas existentes**

Las edificaciones ya existentes en la ciudad de Machupicchu ubicadas en los sectores de nivel de Peligro Geotécnico Muy Alto deberán seguir las siguientes pautas:

- a. Reubicación de edificaciones ubicadas dentro de la faja marginal del cauce del río Vilcanota, quebradas Alcamayo y Aguas Calientes por ser Áreas Críticas de peligro geológico, hidrológico y geotécnico.
- b. Enrocados de talud de base ancha de concreto que permita soportar la erosión y tirante de agua en líneas vitales de la ciudad como vías y puentes, equipamientos urbanos como parques y áreas verdes.

### **5.2.2 Para Nuevas Edificaciones y habilitaciones urbanas**

Las recomendaciones técnicas para la ciudad de Machupicchu se establecen en función al Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) y algunos criterios generales, por tanto estos son validos y de aplicación obligatoria en todo su contexto, para que pueda servir de base para las habilitaciones urbanas.

- a. Previo a las labores de excavación de cimientos, deberá ser eliminado todo el material de desmonte o relleno no controlado que pudiera encontrarse en el área a construirse.
- b. No debe cimentarse sobre turbas, suelos orgánicos, desmonte o relleno sanitario. Estos son materiales inadecuados por tanto, deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y reemplazados con materiales seleccionados controlados de acuerdo a lo indicado en la norma E-050 Suelos y Cimentaciones del R.N.E.
- c. La cimentación de las edificaciones debe ser diseñada de modo que la presión de contacto (carga estructural del edificio entre el área de cimentación), sea inferior o cuando menos igual a la presión de diseño o capacidad portante admisible. Y los cálculos deben realizarse para la profundidad de cimentación (se incluye en anexos valores referenciales).
- d. La profundidad mínima recomendable del nivel de cimentación es de 1.70 metros del nivel actual del terreno.
- e. En los sectores donde existen suelos granulares y finos (gravas, arenas y limos) de densidades sueltas a muy sueltas se deberá colocar un solado de mortero de concreto de 0.10 metros de espesor, sobre el fondo de la

cimentación, debidamente compactada a grados de compactación especificadas en el acápite 4.4.1 de la norma E-050 suelos y cimentaciones del R.N.C.

- f. En los sectores donde existen suelos granulares y finos (gravas, arenas y limos) de densidades sueltas a muy sueltas las excavaciones de las cimentaciones deberán realizarse con adecuados entibamientos y apuntalamientos de las paredes de las excavaciones, y de ser necesario ejecutar calzaduras para evitar colapsos ya que las arenas son muy sueltas.
- g. En caso de proyectarse construcciones de adobe, estas deben ser como máximo de dos niveles con dimensionamiento y refuerzo de muros de acuerdo a las normas y un ancho de cimentación mínimo de 0.60 metros.
- h. No se debe realizar construcciones de adobe sobre suelos granulares de densidad suelta, muy suelta y suelos cohesivos blandos ni en arcillas expansivas.
- i. Los cimientos y sobre cimientos para muros de adobe o ladrillo o similar, deben ser de necesariamente concreto ciclópeo.
- j. Para edificaciones de concreto de más de dos pisos donde existan suelos granulares de densidad suelta, muy suelta y suelos cohesivos blandos, muy blandos se deben usar zapatas interconectadas con vigas de conexión, plateas de cimentación o vigas de cimentación, dependiendo de la magnitud de las cargas. A fin de reducir los asentamientos diferenciales.
- k. Las características de las edificaciones deben responder a las técnicas de construcción recomendadas para la zona.
- l. El diseño de las edificaciones debe responder a las condiciones climatológicas. Deben estar dirigidas, contrarrestar el asoleamiento y favorecer la ventilación y circulación interna para ayudar a los distintos tipos de evacuación.
- m. Para los proyectos de edificaciones destinados a concentraciones de gran número de personas debe realizarse de manera imprescindible el estudio de mecánica de suelos y un diseño específico que cumpla con las normas de seguridad física; garantizando de manera alternativa y dependiendo de la envergadura, su uso como área de refugio temporal. Debiendo los estudios obligatoriamente cumplir con la norma E- 050 suelos y cimentaciones del R.N.E.
- n. Para la instalación de tuberías en suelos sujetos a movimientos fuertes, se deberá emplear materiales dúctiles como el polietileno.
- o. La accesibilidad, circulación y seguridad para los limitados físicos, deben estar garantizadas con el diseño de las vías y accesos a lugares de concentración pública.
- p. Para el caso de estructuras especiales como reservorios, tanques, silos, estructuras hidráulicas requieren de consideraciones adicionales como proximidad a los deslizamientos o derrumbes, será preciso así mismo, considerar los parámetros de sitio y estudios geotécnicos específicos para

cada edificación, ya que la zonificación planteada en el mapa de peligros, no puede ser considerada como parte de los estudios específicos, sino como referencia.

- q. Para nuevas edificaciones en zonas consolidadas y/o cambio de uso del suelo, se deberá tener en cuenta los incisos g, h, i, j, k respectivamente. En los sectores urbanos centrales correspondientes a la zona del Hotel de Inkaterra, la zona del Estadio y la zona del Cementerio, se pueden construir edificaciones de hasta 3 pisos con zapatas cuadradas de 1.50 m como mínimo (considerando su capacidad portante admisible)

### 5.2.3. Consolidación Urbana

El crecimiento de la ciudad de Machupicchu está restringido de acuerdo a lo establecido en el Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu, el cual señala que *“Todo centro poblado que se encuentre en el interior del Santuario Histórico de Machupicchu no podrá incrementar su área”*, así como limitaciones al crecimiento urbano.

Asimismo, la altura de las edificaciones deberá estar de acuerdo al Plan de Reordenamiento Urbano de Machupicchu vigente y a la conservación paisajística del ambiente.

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

Con la finalidad de enfrentar adecuadamente los fenómenos hidrológicos adversos se deberán seguir las siguientes pautas técnicas:

- a. Las obras hidráulicas que se proyecten en la ciudad de Machupicchu deberán ser diseñadas considerando eventos hidrológicos con intervalos de recurrencia adecuados, los que no deben ser menores a 50 años, salvo justificación debidamente sustentada por el especialista, cuando las obras sean de pequeña magnitud.
- b. Toda obra hidráulica de carácter permanente debe ser ejecutada contando con un proyecto debidamente aprobado por la Municipalidad. El diseño deberá ser refrendado y suscrito por Ingeniero Civil colegiado hábil en el ejercicio profesional y deberá contar, necesariamente, con el Estudio Hidrológico que lo respalde.
- c. Las obras hidráulicas de carácter provisional o temporal que se instalen en los cauces de los ríos, son aquellas que tienen una duración inferior a un año. Deberán ser removidas, a más tardar, al inicio de la temporada de lluvias, salvo en los casos estrictamente necesarios o en aquellos en los que su ejecución sea hecha para atender precisamente circunstancias relacionadas al comportamiento atípico o anormal del cauce o del flujo. En estos casos la dirección técnica profesional es imprescindible y las obras no podrán adoptar el carácter de permanentes.
- d. No se debe autorizar edificaciones en la faja marginal de los ríos ni en las zonas de peligro señaladas en los mapas de peligro. Las edificaciones especiales que sean necesarias en estos lugares, con propósitos

específicos, como el de instalar observatorios, serán motivo de autorización expresa, no siendo procedente el cambio de uso dentro del periodo para el que fue diseñada la edificación.

- e. La Municipalidad local debe prever las partidas presupuestales necesarias para la atención de desastres y su prevención.
- f. En las zonas adyacentes a las fajas marginales de los ríos y próximas a las zonas de peligro de inundación, las veredas deberán tener una altura de 20 cm respecto del nivel de la pista. Del mismo modo, en los lugares donde se prevea sardineles, estos tendrán una altura similar.
- g. Seleccionar fuera de las zonas de peligro, lugares de albergue o de refugio ante situaciones de emergencia. Dotar estos lugares con los depósitos o fuentes que permitan el suministro regular de agua potable. Identificar y definir claramente los lugares destinados a la eliminación de excretas (servicios higiénicos, letrinas). Estimar la cantidad, tipo y capacidad de recipientes para el almacenamiento de los residuos, de acuerdo con la cantidad de personas y los servicios disponibles.
- h. Adquirir instrumentos de medición y registro de los fenómenos meteorológicos y de alerta temprana. Los instrumentos de alerta temprana pueden ser desde los más simples (como pitos, bubucelas, radios, celulares, etc.) hasta los más sofisticados, de ser necesarios.

### **5.3. Medidas de Mitigación y Fichas de Proyectos**

#### **5.3.1. Ante Peligros de origen Natural**

##### **Medidas de Mitigación a nivel del peligro geológico**

- a. Se requiere reducir el efecto de los flujos de lodos y detritos de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo mediante la disipación de la energía del material aluviónico que traería un posible avenida; para ello se debe instalar peinetas o retenciones con rieles para capturar el material en varios tramos y reducir los volúmenes de material que llegan a la ciudad. Es necesario además se realice una limpieza del cauce post y previa a las épocas de lluvias para que este sistema funcione adecuadamente.
- b. Para evitar la erosión y socavamiento de las bases de los taludes por las corrientes hidráulicas de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo; se requiere la construcción e instalación de muros, gaviones y enrocados para protección de los taludes ante la socavación de sus bases, estos pueden ser tipo andenería escalonada. En las bases de los taludes de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo se presentan estos procesos de erosión pluvial a manera de hilos hidráulicos, que darían lugar a caída de rocas, derrumbes, deslizamientos y reptaciones. Asimismo se debe promover la reforestación con arbustos de raíces profundas y ramificadas para mitigar el efecto de las lluvias.
- c. Es urgente la instalación de una alerta temprana en ambas quebradas, esta debe de fortalecerse con el monitoreo constante de dos vigías, instalados en casetas en ambas quebradas y en una zona estratégica de la parte media y en temporada de lluvias.

- d. En cuanto al peligro latente de caída de bloques de rocas, es urgente la estabilización, protección y tratamiento integral de las laderas que rodean a la ciudad de Machupicchu. Para esto, debe realizarse la instalación de enmallado (a manera de pantallas dinámicas o estáticas) y empernado con pasadores, para zonas Leonera y Picaso con problemas de arranque de bloques rocosos.
- e. Para las laderas con propensión a caída de rocas, se debe estabilizar la bolonería suelta y desbrozar los bloques de roca con afloramiento total que se encuentren en las vertientes perimetrales de la ciudad de Machupicchu. Además se debe complementar el tratamiento ante caída de rocas con construcción de calzadura de concreto pobre especialmente en las laderas de Media Naranja, Cerro entre ríos, Ecoin, Las Orquídeas y la parte Superior del Mirador.
- f. EL monitoreo permanente del socavamiento y desestabilización de laderas por parte de la población para encontrar espacios de ocupación. Este monitoreo debe estar a cargo del Municipio Distrital de Machupicchu y SERNANP.

#### **Medidas de Mitigación a nivel del peligro geotécnico**

- a. Respetar la faja marginal del río Vilcanota mediante la dación de ordenanzas municipales previo expediente técnico, y fuera posible refrendado por INDECI y otras instituciones, de manera que las viviendas ubicadas dentro del cauce del río, como zona de muy alto peligro geotécnico sean reubicadas.
- b. Construcción de defensa ribereña con enrocado cuyo talud de 40°, tal como se propone en la ficha técnica, cuya base es ancha y permite soportar la erosión de la base y el tirante de agua en las crecidas permite un mejor control.
- c. Limpieza del cauce del río Vilcanota y de las quebradas de Alcamayo y Aguas calientes mediante la rotura de bloques de rocas graníticas que se hallan en el cauce del río que crean remansos y oleajes que generan la inundación de zonas vulnerables de edificaciones. Estos cortes o roturas de bloques se pueden realizar en formas y tamaños que puedan servir para la construcción de los enrocados. Este sistema que se propone no impacta el medio ambiente, dado que se debe utilizar cordón detonante y perforación a percusión (con compresoras), de manera que se puede obtener bloques de los tamaños requeridos para la colocación como enrocados.

#### **Medidas de Mitigación a nivel del peligro hidrológico**

- a. Se requiere la urgente delimitación de la faja marginal del río Vilcanota y quebradas Alcamayo y Aguas Calientes para recuperar las áreas invadidas del río, y permita la **reubicación de las edificaciones construidas al borde** de estos a lugares más seguros y proteger la vida y patrimonio de su pobladores. Si bien no existen espacios para el desarrollo de la ciudad, es

preciso ordenar adecuadamente los espacios de la ciudad de Machupicchu hacia aquellas áreas que ofrezcan la mayor seguridad.

- b. Realizar el mantenimiento periódico anual antes del inicio de la temporada de lluvias de los cauces de las quebradas Alcamayo y Aguas Calientes así como el río Vilcanota, asegurando la adecuada descolmatación de escombros, palizadas, bolonerías, desquinches de lechos rocosos que generan remansos y oleajes aguas arriba de la ciudad y en los tramos que pasan por ella, especialmente los materiales de arrastre no consolidados y sueltos del fondo del cauce y de los taludes que pueden ser rápidamente removidos por el agua.

A continuación, se proponen ocho (08) proyectos relacionados con los Peligros de origen natural que impactan en el ámbito urbano de la ciudad de Machupicchu.

**Cuadro Nº 29**  
**PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS DE ORIGEN NATURAL**

Localización	Descripción	Costo Aprox. (S/.)	Prioridad
<b>PROYECTO Nº 01</b> MACHUPICCHU PUEBLO Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGAUS CALIENTES	INSTALACIÓN DE PEINETAS EN LAS QUEBRADAS AGUAS CALIENTES Y MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL, DESCOLMATACIÓN DE AMBAS QUEBRADAS	300,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 02</b> MACHUPICCHU PUEBLO Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGAUS CALIENTES	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE MUROS, GAVIONES Y ENROCADOS, PARA PROTECCIÓN DE TALUDES ANTE LA SOCAVACIÓN DE SUS BASES	1 000,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 03</b> MACHUPICCHU PUEBLO Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGAUS CALIENTES	INSTALACIÓN DE ENMALLADOS Y EMPERNADOS CON PASADORES, PARA ZONAS DE ARRANQUE DE BLOQUES DE ROCAS	1 000,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 04</b> MACHUPICCHU PUEBLO Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGAUS CALIENTES	CONSTRUCCIÓN DE CALZADURA EN ZONAS DE CAIDAS DE ROCAS SUELTAS	400,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 05</b> MACHUPICCHU PUEBLO Y QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGAUS CALIENTES	EXPEDIENTE TÉCNICO PARA LA RECUPERACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO VILCANOTA, AGUAS CALIENTES Y ALCAMAYO	150,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 06</b> RÍO VILCANOTA, QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	MANTENIMIENTO DE CAUCES DE LAS QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES Y RÍO VILCANOTA	60,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 07</b> RÍO VILCANOTA, QUEBRADAS ALCAMAYO Y AGUAS CALIENTES	SISTEMA DE ENROCADO DE BASE ANCHA PARA PROTECCIÓN RIBEREÑA DE EDIFICACIONES EN EL RÍO VILCANOTA	400,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 08</b>	ROTURA DE BLOQUES MEDIANTE PERFORACIÓN DEL LECHO ROCOSO PARA REDUCCIÓN DE REMANSOS Y OLEAJES QUE GENERAN INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL	800,000	

Fuente: Fichas Técnicas de Proyectos

### **5.3.2. Ante Peligros de origen Tecnológico**

#### **Medidas Preventivas a Nivel Ambiental**

1. Promover alianzas con la municipalidad de Urubamba, Gobierno Regional, Dirección General de Salud, entre otras entidades, a fin de articular e implementar un Sistema Integral de Gestión Ambiental.
2. Consolidar el ejercicio de la autoridad ambiental a través de la Gerencia de Medioambiente de la Municipalidad, promoviendo una activa participación ciudadana.
3. Fortalecer las capacidades de gestión ambiental para desarrollar mecanismos de carácter técnico, normativo, económico y financiero, con el objetivo de prevenir y controlar los riesgos y peligros ambientales.
4. Asegurar el cumplimiento de las medidas propuestas en los Estudios del PCS realizados por el Instituto de Defensa Civil - INDECI, incentivando la vigilancia, evaluación y monitoreo, a fin de prevenir los peligros ocasionados por eventos naturales.
5. Apoyar e impulsar la Plataforma de Defensa Civil para una efectiva y coordinada planificación y actuación frente a un desastre o emergencia.
6. Iniciar e impulsar la educación ambiental dirigida a las autoridades y población en general, como punto inicial para establecer diferentes programas de prevención, protección y salvaguarda de los recursos naturales, creando sensibilización y conciencia ambiental.
7. Restaurar las áreas ambientalmente degradadas articulando actividades de los sectores públicos y privados involucrados, de acuerdo a sus competencias y responsabilidades.
8. Priorizar la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales a fin de evitar que la actual evacuación de las aguas residuales sigan contaminando al río Vilcanota.
9. Plantear, diseñar y mejorar las actuales infraestructuras de captación, almacenamiento y distribución del agua potable asegurando su estabilidad y soporte ante la ocurrencia de eventos naturales.
10. Fomentar la participación ciudadana para conocer los problemas que afectan directamente a los pobladores tanto en los aspectos de saneamiento como ambientales del entorno urbano.
11. Propiciar dentro del programa de educación ambiental la reducción y clasificación de residuos sólidos desde su generación en las viviendas, de esta manera la recolección de los volúmenes de residuos serán menores y al mismo tiempo se facilitarán las tareas de clasificación.
12. Fomentar una cultura ambiental entre la población respecto a la protección de los recursos naturales como la protección de bosques nativos en laderas y cabeceras de cuenca, los cuales no deben ser quemados ya que favorecen la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos e inundaciones.

13. Diseñar medidas de prevención de inundaciones por efecto de las crecidas de los ríos Alcamayo, Aguas Calientes y Vilcanota durante la época de lluvias, que afectaría a las áreas urbanas que se encuentran en las proximidades de estos ríos.
14. Implementar medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes (ómnibus y tren) del aire sobre la salud de las personas.
15. Establecer e impulsar mecanismos técnico-normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.

#### **Medidas Preventivas, de Mitigación, Preparación y Respuesta frente a Desastres y Emergencias de los Sistemas de Agua y Alcantarillado**

1. Realizar cursos y talleres de capacitación con el objetivo de promover el conocimiento científico y tecnológico de las medidas de prevención y los efectos de la contaminación del agua, sobre la salud de las personas y el medioambiente.
2. Implementar proyectos para mejorar la calidad de los servicios de saneamiento básico de manera integral, con sistemas y tecnologías apropiadas según las características del entorno ambiental de la ciudad de Machupicchu.
3. Tomar en cuenta las evaluaciones realizadas por la DIRESA Red de Servicios de Salud Cusco Norte, en los sistemas de captación, conducción, reservorios y red de distribución, a fin de realizar el mantenimiento asegurando su óptimo funcionamiento.
4. Promover hábitos y costumbres de higiene con el fin de asegurar la salud de los pobladores y disminuir las enfermedades diarreicas agudas.
5. Difundir prácticas de ahorro del agua potable y reuso de aguas residuales de origen doméstico.

#### **Medidas Preventivas frente a Incendios**

En caso de emergencia frente a un incendio se debe tomar las medidas necesarias para afrontar el incidente. En el caso de Machupicchu Pueblo, se ha identificado la inexistencia de hidrantes para incendios. En un eventual incendio que podría darse principalmente en los establecimientos que contienen sustancias inflamables como ferreterías, boticas, centro de salud, etc., la ausencia de hidrantes que proveerían de agua para aplacar el incendio es un aspecto que incrementa el nivel de riesgo hacia los pobladores.

La Municipalidad Distrital de Machupicchu deberá implementar un programa de prevención y actuación frente a un eventual incendio en coordinación con la Compañía de Bomberos del Cusco.

Los especialistas de la Compañía de Bomberos serán los encargados de brindar las capacitaciones al equipo de personas (brigadas) que la Municipalidad designe para combatir un eventual incendio. Así como facilitar y dotar la indumentaria y equipos necesarios al personal competente. Por otro lado, se deberá implementar la instalación de hidrantes distribuidos en diferentes puntos de la ciudad a fin de afrontar un eventual incendio.

## Prevención de incendios:

Las principales medidas que hay que adoptar son las siguientes:

- Adopción de medidas preventivas
- . Actuación sobre alguno de los tres factores del triángulo del fuego.

**Cuadro N° 30** Medidas preventivas que se deberán llevar a la práctica

TIPOS DE MEDIDAS	CONCRECIÓN DE LA MEDIDA
<b>Señalización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Utilización de las señales normalizadas en puntos específicos de los locales donde pudiera existir riesgo de incendio.</li> </ul>
<b>Formación del Personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Equipo humano de seguridad contra incendios:</b></li> <li>· Formación suficiente sobre protección, prevención y primeros auxilios.</li> <li>· Dominio del plan de evacuación.</li> <li>· Prácticas de extinción del fuego en colaboración con una brigada de bomberos</li> <li>· Conocimiento de la normativa.</li> <li>· <b>Todo el personal de la empresa o Institución:</b></li> <li>· Debe conocer el plan de evacuación.</li> <li>· Tiene que controlar los medios de extinción a su alcance.</li> </ul>
<b>Método de Trabajo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coordinar las acciones con los departamentos implicados.</li> <li>2. Separar, aislar o proteger los materiales combustibles de los puntos de ignición</li> <li>3. Establecer normas precisas de actuación.</li> <li>4. Proveer de los equipos de extinción necesarios y adecuados para las sustancias combustibles existentes.</li> <li>5. Controlar las chispas o llamas producidas durante el trabajo.</li> <li>6. Establecer vigilancia permanente durante el trabajo.</li> </ol>
<b>Inspección de la Instalación Contra Incendios y Puntos de Riesgo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plan preventivo de inspecciones programadas de revisión de áreas de riesgo y de los equipos de instalaciones automáticas contra incendios:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) <i>En áreas de riesgo:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Comprobar las señalizaciones.</li> <li>· Verificar que se cumplan las normas establecidas.</li> </ul> </li> <li>b) <i>En las instalaciones y equipos contra incendios:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ausencia de obstáculos que posibilite el uso adecuado de los equipos</li> <li>· Aspecto general externo del sistema o aparatos del sistemas, incluida la lectura del manómetro, así como la fecha de comprobación de recarga</li> <li>· Estado de funcionamiento cuando ello sea posible.</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>

**Cuadro N° 31** Elementos sobre los que se debe actuar para prevenir un incendio

ACTUACIÓN SOBRE	FORMAS DE ACTUACIÓN
<b>El Combustible</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de las cantidades de combustible en los lugares de trabajo.</li> <li>2. Ventilación para la expulsión de los gases inflamables formados.</li> <li>3. Almacenamiento de líquidos combustibles en recipientes adecuados.</li> <li>4. Eliminación de basuras o desperdicios.</li> <li>5. Sustitución de unos por otros menos inflamables.</li> </ol>
<b>El Comburente</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Creación de atmósferas pobres en oxígeno en locales con gases inflamables en lugares donde se podría producir fuego o chispas.</li> </ol>
<b>La Fuente de Calor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición de fumar en zonas potencialmente peligrosas.</li> <li>2. Protección y vigilancia de materiales combustibles e inflamables junto al área de trabajo.</li> <li>3. Vigilancia durante el trabajo por caída de chispas y material incandescente en sustancias combustibles e inflamables.</li> <li>4. Mantenimiento de rodamientos y transmisiones para que no se produzcan fricciones y recalentamientos</li> <li>5. Aislamiento de las superficies calientes de los materiales combustibles.</li> <li>6. Combustión espontánea: ventilación y aislamiento de trapos impregnados de grasas y disolventes</li> </ol>

### **Medidas de Salud Ambiental en caso de Desastre**

Una vez ocurrido un evento natural o situación de emergencia, se debe realizar una serie de medidas para atender a las víctimas priorizando, la salud, la alimentación, el saneamiento ambiental y las necesidades según el caso. La participación y colaboración de la población afectada es clave para la puesta en marcha de cualquier plan o programa a realizarse.

A continuación se citan los aspectos que se deben considerar:

- Abastecimiento y control de agua potable
- Disposición de excretas
- Manejo de residuos sólidos
- Promoción de la higiene
- Instalación de campamento

#### **1. Abastecimiento y control de agua potable**

Constituye el elemento esencial para el desarrollo de la vida, alimentación, higiene y salud. La disponibilidad de agua puede escasear después de un desastre, debido a que las instalaciones de captación o distribución pueden ser afectadas ocurrido un evento natural, dejando sin agua a las personas.

A continuación se presenta el siguiente cuadro de las medidas y alternativas de desinfección para el abastecimiento y control del agua potable:

**Cuadro N° 32** Medidas ambientales para el abastecimiento y control del agua potable

MEDIDA DE SALUD AMBIENTAL	CONTROL DEL AGUA POTABLE
<b>Actividades</b>	1. Realizar actividades de evaluación en las instalaciones de agua potable que hayan sido dañadas para su rehabilitación o restitución en la brevedad posible. 2. Evaluar las condiciones de potabilidad e identificar los riesgos de contaminación. 3. Identificar otras fuentes agua y tomar las medidas necesarias para proteger de la contaminación, asegurar su potabilidad, racionamiento y distribución equitativa. 4. En la distribución se debe considerar el siguiente parámetro: 6 litros de agua / persona / día, en lugares de clima cálido. 5. Si la fuente de agua requiere tratamiento para transformarla a agua potable, se debe considerar un método adecuado y confiable. 6. En la medida de lo posible el agua se debe almacenar en depósitos grandes y con tapa, y también se debe analizar periódicamente.
<b>Alternativas de desinfección y purificación del agua</b>	7. Para la desinfección del agua lo más común es realizar el hervido (durante 10 - 15 minutos), los organismos patógenos que comúnmente se encuentran en el agua se mueren o inactivan a altas temperaturas. 8. La desinfección química consiste en el uso de permanganato potásico (tabletas), tintura de yodo, hipoclorito de sodio (lejía) y el hipoclorito de calcio (cloro sólido), los cuales se pueden utilizar eficazmente como desinfectante de agua. 9. Otra alternativa es colocar el agua en botellas de plástico y exponerlas al sol por un tiempo determinado.

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

En caso de que se cuente con tanques cisternas se deben considerar las medidas de higiene necesarias para evitar la contaminación. Igualmente en las instalaciones provisionales que albergan familias se debe diferenciar los depósitos para el almacenamiento del agua según el caso: cocina, higiene y lavado. Cada recipiente debe contar con su respectiva tapa para evitar el ingreso de insectos, polvo o cualquier sustancia que pueda poner en riesgo su calidad. Si el depósito no tiene caño, se deberá utilizar una jarra exclusivamente para sacar agua, la cual debe estar siempre sumergida en un balde limpio que contenga una solución de agua clorada (se prepara 1 litro de agua más 2 gotas de lejía). Para el abastecimiento de agua se debe considerar los siguientes aspectos:

**Cuadro N° 33** Medidas de Salud Ambientales para el abastecimiento de agua

MEDIDA DE SALUD AMBIENTAL	ABASTECIMIENTO DEL AGUA
<b>Calculo del consumo diario</b>	1) 40 - 60 litros/persona en los hospitales de campaña. 2) 20 - 30 litros/persona en los comedores colectivos. 3) 15 - 20 litros/persona en los refugios provisionales y campamentos. 4) 35 litros/persona en las instalaciones de lavado.
<b>Normas para desinfección del agua</b>	5) Para cloración residual. 0,7-1,0 mg/litro. 6) Para desinfección de pozos y manantiales, 50-100 mg/litro con 12 horas de contacto. 7) Para eliminar concentraciones excesivas de cloro en el agua desinfectada se utilizarán 8.88 mg. de tiosulfato sódico/1.000 mg. de cloro. A fin de proteger el agua, la distancia ente la fuente y el foco de contaminación será como mínimo de 30 m.
<b>Normas para desinfección del agua (pozos de agua)</b>	8) Revestimiento exterior impermeable que sobresalga 30 cm. de la superficie del suelo y llegue a 3 ni de profundidad. 9) Construcción en torno al pozo de una plataforma de cemento de 1 m. de radio. 10) Construcción de una cerca de 50 m de radio

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

## Higiene de Alimentos.

Los cubiertos se deben desinfectar cuando el agua este hirviendo durante 5 minutos o inmersión en solución de cloro de 100 mg/litro durante 30 segundos.

La Organización Mundial de la Salud, ha realizado una guía estándar relacionando a la clasificación de la calidad del agua en función a criterios de consumo para no poner en riesgo el grado de salud, el mismo que se indica a continuación:

**Cuadro N° 34** Parámetro Bacteriológico para el consumo de agua

Análisis Bacteriológico	Consumo en función de salud
Cero E. Coli/100 ml	Directrices apropiadas, apta para el consumo humano
1 - 10 E. Coli/100 ml	Tolerable
10 - 100 E. Coli/100 ml	Contaminada, requiere tratamiento
Mayor a 100 E. Coli/100 ml	Muy contaminada, inapropiado para el consumo sin tratamiento adecuado

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

## 2. Disposición de excretas

La disposición de excretas es una situación a la que se debe prestar atención y tomar las medidas necesarias para actuar con rapidez para depositarlas y asilarlas de manera sanitaria, a fin de evitar que las bacterias patógenas puedan contaminar el ambiente y ocasionar enfermedades. Se recomienda que la disposición de excretas en situación de emergencia se realice de manera sencilla, apropiada y sostenible.

Para implementar un sistema apropiado en situación de emergencia se debe considerar las características fisiográficas de la zona, ya que la disposición de excretas además de su acopio requiere de sistemas y técnicas adecuadas para su tratamiento.

**Cuadro N° 35** Medidas de salud ambientales para la disposición de excretas.

MEDIDA DE SALUD AMBIENTAL	SANEAMIENTO E HIGIENE
Disposición de excretas	1. Evaluar de manera rápida la zona y definir según las necesidades los puntos adecuados para la instalación del sistema de disposición de excretas.
	2. Optar por la instalación de sistemas con técnicas sencillas considerando los recursos disponibles.
	3. La construcción de sistemas de disposición y evacuación de excretas, en la medida de lo posible se debe realizar con la asesoría de personas con conocimiento de las condiciones físicas de la zona afectada.
	4. El sistema propuesto debe contar con la aceptación de representantes locales, igualmente la población afectada debe participar en el diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento del sistema aceptado.
	5. Desarrollar un plan de educación sanitario a fin de garantizar la higiene y el mantenimiento de los sistemas.
	6. Proporcionar depósitos de agua para el lavado de manos al momento de hacer uso de los servicios higiénicos.
	7. Realizar la limpieza y desinfección de los servicios higiénicos para evitar la contaminación y proliferación de insectos. Igualmente se debe usar cal o ceniza para el mantenimiento de las letrinas, en caso de que se opte por este sistema.
	8. La instalación de los servicios higiénicos se debe realizar diferenciando según el género.

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

La instalación de letrinas considera algunos criterios que se deben cumplir para evitar la contaminación del ambiente y la salud de las personas.

**Cuadro Nº 36** Criterios para la instalación de letrinas.

Aspectos	Descripción
Accesibilidad	Máximo 20 personas por letrina
	Las letrinas deben estar dispuestas por familia (s) y/o separadas por sexo.
	Ubicación de las letrinas no más de 50 m de las viviendas
Construcción	En el terreno, la letrina debe ser ubicada en un nivel inferior respecto a una fuente de agua
	En el fondo de la letrina debe encontrarse como mínimo a 2 m. de la napa freática
	La letrina debe estar ubicada por lo menos a 30 m de distancia de toda fuente de agua.

**Fuente:** Carta humanitaria y Normas mínimas de respuesta en casos de desastre, 2000  
 (\*) WHO. Environmental health in emergencies and disasters, 2002.

### 3. Manejo de residuos sólidos

La ausencia de un sistema de manejo de residuos sólidos en situación de emergencia se torna grave, porque su acumulación se convierte en un peligro para las personas. Los residuos están conformados por restos orgánicos e inorgánicos: en el caso de los primeros su descomposición produce olores desagradables y la proliferación de insectos y roedores ponen en grave riesgo la salud de las personas. En el caso de los residuos inorgánicos como vidrios y latas pueden constituir elementos punzo cortantes al estar rotos o quebrados.

La participación de la población afectada es un factor de vital importancia para el éxito de la implementación de un programa adecuado de manejo de residuos sólidos

**Medidas a realizar.** Antes de iniciar acciones de manejo de los residuos sólidos es recomendable brindar a la población información sobre las medidas a tomar en cuenta para un adecuado manejo de los desechos.

**Cuadro N° 37** Medidas de salud ambientales para el manejo de residuos sólidos.

ASPECTOS	MEDIDAS DE SALUD AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
<b>Almacenamiento</b>	1. Proveer recipientes grandes para el acopio de residuos sólidos, y diferenciarlos en residuos orgánicos e inorgánicos, la cantidad de los recipientes debe estar en función del número de personas.
	2. Utilizar recipientes o cajas vacías de víveres, bolsas de plástico o papel para el acopio de residuos.
	3. Promover el reciclaje y reuso de materiales como: papeles, botellas, cartones, etc.
	4. Los residuos sólidos se deben almacenar en recipientes plásticos y con tapa, en el caso de los residuos orgánicos los depósitos deben estar forrados interiormente con bolsas plásticas o papel para evitar que se ensucie fácilmente.
	5. Los depósitos o contenedores de basura deben estar ubicados lejos de las fuentes de agua.
<b>Recolección</b>	6. En lo posible los representantes locales y autoridades deben organizarse para proveer a la población afectada de un sistema de recolección.
	7. En caso de existir servicio regular de recolección y disposición final, se debe establecer los días de recojo de basura.
	8. Los residuos solo deben ser sacados a la calle el día señalado para su recolección
<b>Disposición</b>	9. La disposición final de los residuos sólidos, debe considerar el entierro (relleno sanitario) a fin de prevenir que se convierta en un riesgo para la salud.
	10. El procedimiento consiste en la apertura de trincheras (1,5 m de ancho, 1,5 m de longitud y 2 m de profundidad) que diariamente deben ser cubiertos con una capa de tierra (aprox. 15 cm) para luego apisonarlo. Se calcula que cada trinchera de las dimensiones recomendadas, es adecuada para un total de 200 personas por un período de 10 días.
	11. En relación a los residuos provenientes de las instalaciones de salud, estos deben ser acopiados de manera separada dentro del lindero del establecimiento, para ello se debe designar un responsable quien se encargue del control y manejo adecuado de los desechos médicos.
	12. Se recomienda que los animales muertos deben ser enterrados en la brevedad posible, de lo contrario pueden constituir focos de infección.

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

#### 4. Promoción de la higiene

Las buenas prácticas de higiene son un factor clave en una situación de emergencia para evitar la proliferación de enfermedades relacionadas al agua y saneamiento. El fomento de la higiene significa promover un plan que contenga medidas simples y concretas que puedan ser fácilmente adoptadas por la población afectada.

Las autoridades locales junto con la población deben identificar los problemas de higiene, a fin de plantear un plan o programa con medidas prácticas y eficientes para resolver las dificultades de higiene y saneamiento. Al mismo tiempo, se debe asegurar que todas las medidas adoptadas sean transmitidas a todos los sectores de la población afectada.

El plan o programa de hábitos de higiene debe considerar los aspectos detallados en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 38** Medidas de salud ambientales para la promoción de la higiene.

MEDIDA DE SALUD AMBIENTAL	PROMOCIÓN DE LA HIGIENE
<b>Medidas a realizar</b>	1. Identificar los principales riesgos y hábitos en materia de higiene, estableciendo las medidas de respuesta para el fomento del aseo y saneamiento así como las estrategias de comunicación.
	2. Evaluar los recursos físicos con los que se cuenta (campamentos, alimentación, agua, saneamiento, etc.)
	3. Selección del recurso humano para las actividades de promoción de higiene (trabajadores de salud, profesores, comunidad religiosa, etc.)
	4. Medios de comunicación y materiales higiene-educativos (radio transmisor y receptor, material visual, megáfonos, canales de comunicación tradicional, etc.).
<b>Indicadores a considerar</b>	5. Agua: fuente, recolección, almacenamiento y usos.
	6. Disposición de excretas: usos y designación de lugares para defecar, saneamiento de niños
	7. Manejo y disposición de Residuos: sólidos y líquidos
	8. Control de vectores
	9. Higiene personal
	10. Refugios
	Alimentación segura: manipulación y preparación de alimentos, alimento de los bebés.

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

A continuación se detallan algunos indicadores que se deben considerar:

**Cuadro N° 39** Indicadores de hábitos de higiene.

Aspectos de Higiene	Indicador
<b>Abastecimiento de agua</b>	La población consume agua de la mejor calidad posible
	Las instalaciones de higiene públicas (duchas, piletas de lavar, ripa, etc.) se utilizan de manera adecuada y equitativa.
	El consumo promedio de agua del grupo familiar para beber, cocinar y aseo personal es como mínimo 15 litros por persona por día.
	Los recipientes para el agua se cierran con tapas.
	La contaminación fecal promedio en los recipientes de agua potable es inferior a 50 coliformes fecales por 100 ml de agua.
<b>Disposición de excretas</b>	Las personas utilizan letrinas de la manera más higiénica posible.
	Las letrinas de los grupos familiares se limpian y se mantienen en buen estado.
	Las personas se lavan las manos después de hacer uso de las letrinas, antes de cocinar y de comer.
<b>Manejo de residuos</b>	Los desechos sólidos se depositan cada día en contenedores para su recolección o se entierran en un pozo previsto para su eliminación.
	Las personas son conscientes del peligro que constituyen los desechos médicos.
<b>Manejo del agua residual</b>	Áreas cerca de los refugios y puntos de agua están fuera del lugar donde se evacuan las aguas residuales.
	Las personas remueven las aguas estancadas próximas a sus viviendas y disponen las aguas residuales de manera apropiada
	Las personas evitan entrar en cuerpos de agua donde hay riesgo de contaminación.

Fuente: El proyecto de la esfera, Normas mínimas de Respuesta Humanitaria en caso de desastre, 2000.

## 5. Instalación de campamentos.

La existencia de los campamentos se debe a la necesidad de brindar asistencia y protección a las comunidades desplazadas. Estos objetivos son responsabilidad de las autoridades. La prioridad es garantizar un entorno seguro y sano que permita una gestión eficaz, la participación y el disfrute de los derechos fundamentales. Su localización, tamaño, diseño y duración dependen del contexto.

Se debe garantizar que los campamentos se establezcan prestando suficiente atención a la designación del lugar, así como para que el proceso comience con la suficiente antelación para garantizar la protección de la población y de sus bienes

El apoyo a la población afectada debe consistir en la instalación de campamentos de manera organizada y adecuada a las condiciones físicas de la zona, alejado de áreas contaminadas o focos de infección.

En la medida de lo posible debe evitarse el establecimiento de campamentos de manera deliberada, ya que en la mayoría de los casos se convierten en campamentos permanentes dificultando las labores de organización y originando problemas relacionadas a la higiene y saneamiento ambiental.

**Cuadro N° 40** Acciones para la instalación de campamentos.

ACCIONES	INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS
<b>Selección del lugar</b>	1. Elegir a la brevedad posible la localización de campamentos una vez ocurrido el desastre.
	2. La ubicación de campamentos en zonas apropiadas facilita las labores de disposición y provisión de servicios.
	3. Adecuar el campamento con sistemas de drenaje, evitar zonas propensas a deslizamientos, derrumbes, inundaciones y situarse lo más próximo posible a una carretera principal, para facilitar las tareas de provisión de suministros.
	4. La cercanía a una fuente segura de agua es uno de los criterios más importantes al elegir un sitio para establecer un campamento.
	5. Si el campamento se encuentra cerca de un abastecimiento público de agua, podrá hacerse una conexión al mismo, lo que permitirá solucionar un problema importante.
<b>Diseño del campamento</b>	6. Los campamentos deben diseñarse de tal manera que agrupen pequeños núcleos familiares.
	7. El acceso a un grupo de servicios concretos (letrinas, puntos de distribución de agua) debe limitarse a un grupo determinado de personas.
	8. Las tareas como el mantenimiento de las letrinas o la vigilancia de las enfermedades, pueden delegarse a pequeños grupos de personas.
	9. El campamento puede ampliarse sin disminuir la calidad de los servicios, añadiendo unidades en su periferia.
	10. Instalar áreas para la administración, recepción y distribución de los residentes del campamento, servicios de almacenamiento, lugares de distribución de suministros, entre otros.
	11. Los diseños en cuadrícula para las viviendas y con calles paralelas, facilitan la incorporación de sistemas de agua, drenaje y electricidad.
	12. Si el campamento está bien organizado y dispone de saneamiento, agua y alimentos suficientes, las condiciones de salud serán óptimas.
	13. Los servicios de salud pueden estar a cargo de voluntarios o del personal de salud gubernamental asignado al campamento.

Fuente: WHO. Environmental health in emergencies and disasters. 2002

Además se debe considerar las siguientes especificaciones técnicas:

- La superficie mínima, debe ser de 3,5 m<sup>2</sup> por persona y el espacio mínimo de 10 m<sup>2</sup> por persona.
- Se recomienda que la capacidad mínima para la circulación del aire, debe ser 30m<sup>3</sup>/persona/hora.
- Los lugares de aseo serán separados para hombres y mujeres. Se proveerán las instalaciones siguientes:
  - 1 pileta cada 10 personas;
  - 1 fila de piletas de 4 a 5 m cada 100 personas, y 1 ducha cada 30 personas.
  - Las letrinas de los locales de alojamiento de personas desplazadas se distribuirán del siguiente modo:
    - a. 1 asiento cada 25 mujeres.
    - b. 1 asiento más 1 urinario cada 35 hombres.
    - c. Distancia máxima del local, 50 m.
  - Las trincheras superficiales tendrán las siguientes dimensiones:
    - a. 90-150 cm. de profundidad x 30 cm. de ancho (o lo más estrechas posible) x 3-3,5 m/100 personas.
    - b. Trincheras profundas: 1,8-2,4 m de profundidad x 75-90 cm. de ancho x 3-3,5 m/100 personas.
    - c. Los pozos de pequeño diámetro tendrán: 5-6 m. de profundidad; 40 cm. de diámetro; 1/20 personas.
  - Los recipientes para basura serán de plástico o metal y tendrán tapa que cierre bien. Su número se calculará del modo siguiente:
    - a. 1 recipiente de 50-100 litros cada 25-50 personas.
    - b. La evacuación de basura será mediante trincheras o zanjas ya indicadas.
    - c. Los residuos tardarán en descomponerse de cuatro a seis meses.

### **Reservas.**

Deben mantenerse en reserva para operaciones de emergencia los siguientes suministros y equipo:

- Estuches de saneamiento Millipore.
- Estuches para determinación del cloro residual o el pH.
- Estuches para análisis de campaña Hach DR/EL.
- Linternas de mano y pilas de repuesto.
- Estuches para determinación rápida de fosfatos.
- Cloradores o alimentadores de hipoclorito móviles.
- Unidades móviles de purificación del agua con capacidad de 200-250 litros/minuto.
- Coches cisterna para agua, de 7 m<sup>3</sup> de capacidad.
- Depósitos portátiles fáciles de montar.

### **Instrumentos.**

Para la etapa de alerta, son necesarias las redes de instrumentación, vigilancia y monitoreo, así como los sistemas de alarma y los medios de comunicación. Estos sistemas pueden ser de cobertura internacional, nacional, regional e incluso local.

- Pluviómetros y sensores de nivel y caudal para inundaciones.
- Detectores de flujos de lodo y avalanchas.
- Redes sismológicas para terremotos.
- Extensómetros, piezómetros e inclinómetros para deslizamientos.
- Sistemas de detección de incendios y escapes de sustancias.
- Redes hidrometeorológicas para el comportamiento del clima.
- Imágenes satélites, sensores remotos y teledetección.
- Sistemas de sirenas, altavoces, luces.
- Medios de comunicación inalámbrica.
- Sistemas de télex, fax y teléfono.

Los proyectos recomendados para reducir los peligros tecnológicos en la ciudad de Machupicchu y su entorno, están orientados a:

- Ejecución de obras de ingeniería, como el “Mejoramiento de la infraestructura urbana y servicios de saneamiento básico en zonas urbano marginales de la ciudad”; y el “Diseño y habilitación de un “Relleno sanitario”.
- Estudios de Ingeniería, como el “Diseño de un programa de monitoreo de la calidad de agua y suelos para medir la contaminación en la ciudad”.
- Acciones de control, como “Verificación del cumplimiento de las medidas de seguridad y preservación del medio ambiente adoptados por actividades que representan peligros tecnológicos”; y “Fortalecimiento del Comité de gestión de residuos sólidos para la implementación de PIGARS”.

**Cuadro Nº 41  
PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS TECNOLÓGICOS**

Localización	Descripción	Costo Aprox. (S/.)	Prioridad
<b>PROYECTO Nº 09 MACHUPICCHU PUEBLO</b>	ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DRL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	35,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 10 MACHUPICCHU DISTRITO</b>	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN FRENTE A INCENDIOS	30,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 11 MACHUPICCHU DISTRITO</b>	TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES A NIVEL ESCOLAR Y POBLACIÓN EN GENERAL	20,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 12 MACHUPICCHU DISTRITO</b>	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RESPUESTA ANTE DESASTRES	60,000	PRIMERA

Fuente: Ficha Técnica de Proyectos

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

## **6.1 Conclusiones**

### **En cuanto al Diagnóstico Situacional**

1. La ciudad de Machupicchu (Aguas Calientes) se ubica sobre un cono aluvial formado por eventos provenientes de las quebradas Alcamayo y Aguas Calientes disectado por el cauce del río Vilcanota.
2. Desde el punto de vista Geológico la mayor parte de la zona de estudio se halla conformada por las rocas graníticas del Batolito de Machupicchu, susceptibles a la meteorización y a la cabecera de la Qda. Aguas Calientes, con afloramientos de pizarras y cuarcitas (Fm. San José), y sobre los afloramientos rocosos se tienen depósitos fluvio aluviales y morrénicos y a lo largo de las laderas de ambas Qdas. Depósitos coluviales.
3. El río Vilcanota, en el tramo de estudio se halla constituido por material fluvio – aluvial de gradación discontinua conformada por bolones, bloques, guijas y gravas redondeadas y subredondeadas, dentro de una matriz de arenosa, donde la socavación producida por la crecida del río generó debilitamientos significativos en los principales elementos estructurales de la edificación.
4. Las características estructurales para la zona de estudio son las diaclasas y fracturas, produciéndose un trituramiento tectónico, las que dan lugar a los fenómenos de geodinámica externa.
5. Las precipitaciones pluviales son también tributantes para generar los movimientos en masa, dando lugar a las reptaciones, caída de bloques, derrumbes, deslizamiento y huaycos.
6. El drenaje de aguas subterráneas por planos de fallas y fisuras, también contribuyen a los movimientos en masa ya antes mencionados, como es el caso de la Leonera en la Qda. Aguas Calientes o el Picaso en la Qda. Alcamayo.
7. El clima en la zona corresponde al valle de ceja de selva, con una precipitación media anual de 1260 mm y una temperatura media mensual de 12°C y humedad relativa de 83%.
8. La pendiente promedio para ambas quebradas es del 11% y su gradiente hidráulica funciona por bloques escalonados con un valor promedio del 10%.
9. La sismicidad no constituye un riesgo crítico en la zona, considerándose que a la menor vibración se incrementaría la vulnerabilidad en el propio poblado de Machupicchu Pueblo, por la gran cantidad de bloques de roca y bolonería suelta existente en las vertientes que rodean gran parte del área urbana.

### **En cuanto a Peligros de Origen Natural:**

10. En cuanto a los Peligros de origen natural, la presencia de fenómenos de geodinámica externa como flujos de lodos, inundaciones, erosión fluvial y pluvial por lluvias intensas son los más relevantes en el área de la ciudad y aguas arriba de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo donde los procesos de remoción de masas como caída de bloques rocosos, derrumbes, deslizamientos son los más característicos.

11. En cuanto a la Geodinámica Interna la sismicidad del área es IV en la escala de Mercalli con focos epicentrales superficiales, encontrándose geofallas y geocontactos que atraviesan las microcuencas de Aguas Calientes, Alcamayo aguas arriba de la ciudad de Machupicchu.

#### **En cuanto a Peligros Tecnológicos:**

En cuanto a los peligros tecnológicos, los más relevantes corresponden a los aspectos de contaminación del agua del río Vilcanota por efluentes domésticos, el transporte de sustancias químicas a lo largo de la vía férrea, los establecimientos de venta de gas que son potenciales fuentes de incendios y explosiones, los incendios forestales naturales u ocasionados por actividades antrópicas que deben ser controladas y monitoreadas a través de planes de seguridad, saneamiento y contingencia respectiva para cada actividad, esto debe incluir campañas de educación y sensibilización a la población de Machupicchu.

#### Por sustancias inflamables que pueden ocasionar incendio y explosión:

1. La venta de gas cerca de viviendas, hostales y locales comerciales, así como el transporte de balones de gas en carretillas se realiza por las estrechas calles de la ciudad, que en el caso de un incidente la explosión de gas propano afectaría a los establecimientos continuos en un radio de 25 m aproximadamente.
2. El transporte de sustancias peligrosas como balones de gas y combustible (vehículos de transporte hacia el Santuario) que son trasladadas desde la ciudad del Cusco hacia Machupicchu Pueblo por la línea férrea que pasa por la Av. Imperio de los Incas, constituye un riesgo que en caso de explosión podría afectar en un radio de 150 m. a ambos lados de la ruta transitada.
3. Las boticas y ferreterías ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, en caso de accidente constituyen riesgo debido a los productos de fácil combustión (alcohol, productos inflamables, empaques de plástico, cartón, etc.) que almacenan estos establecimientos. En caso de incendio afectarían el área del establecimiento, a esto se suma la ausencia de hidrantes contra incendio en el emplazamiento de la ciudad, lo cual dificultaría aún más las labores de control de incendios, incrementando el riesgo para la población.
4. Los Centros de salud, que en el caso de un eventual accidente afectarían el área del entorno del establecimiento.

#### Por la red eléctrica que puede ocasionar accidentes:

5. En caso de corto circuito, la distribución de la red eléctrica por las calles estrechas del núcleo urbano de la ciudad podría ocasionar accidentes en la población en un radio de acción de 25 m.

#### Por la contaminación de agua y aire:

6. En caso de inundación los establecimientos ubicados en las proximidades del río Vilcanota, estarían afectados por la contaminación del agua debido a las descargas de aguas residuales que van directamente al río.

7. La acumulación de residuos sólidos en algunos puntos de la periferia de la ciudad, representa un riesgo por la presencia de viviendas y pobladores ubicados en su entorno, lo cual afecta hasta 25 m. de influencia.

Los escenarios de peligro en el caso de la contaminación electromagnética (antenas de radio, televisión y telefonía celular) y contaminación del aire por emisiones de gases vehiculares, no son consideradas debido a que sus efectos sobre la población es a mediano y largo plazo, lo cual depende del grado de exposición de las personas a estas instalaciones.

## **6.2 Recomendaciones**

### **Sobre Peligros de origen Natural**

1. Las zonas de seguridad recomendadas en caso de huaycos en los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, y/o inundaciones del río Vilcanota, serían las laderas de Media Naranja y el Mirador, la zona del Estadio, parte de la Estación de trenes y las instalaciones de Machupicchu Pueblo de INKATERRA.
2. Las zonas de seguridad recomendables en caso de sismos son el Estadio, el Cementerio, la Estación Ferroviaria y los terrenos del Hotel Inkaterra.
3. Se recomienda realizar obras de defensa ribereña en el área urbana de Machupicchu Pueblo, la construcción de un muro de concreto armado, dispuesto a manera de dentellón, con una altura no menor de 6 m. con profundidad de 5 m. el cual tendría una longitud aproximada de 350 m. bordeando la ciudad desde el río Alcamayo hasta el río Aguas Calientes, previa descolmatación del río Vilcanota en su parte media y descolmatación completa en su margen izquierda, para así menguar la socavación de las bases del muro, por los hilos hidráulicos.
4. Para realizar modificaciones en el ancho del cauce del río Vilcanota, en el tramo entre los ríos Alcamayo y Aguas Calientes, se debe realizar un estudio geológico detallado, a fin de no incrementar los efectos de socavación, ni originar problemas de erosión y deslizamiento en los taludes del río.
5. Desde el punto de vista de la estabilidad de taludes en las quebradas estudiadas se recomiendan obras de drenaje, como zanjas de coronación en las partes altas, para así disminuir las filtraciones de las aguas superficiales y las actividades de los movimientos en masa, además de las obras de encauzamiento y protección de taludes, (enrocado, muros de mampostería y engavionado), considerando la señalización.
6. Se debe descolmatar bajo supervisión técnica, la bolonería suelta y sobresaliente, hallada en los cauces de los ríos Alcamayo, Aguas Calientes y Vilcanota, en el tramo de Machupicchu Pueblo.
7. El sector de los Baños Termales estrangula el propio lecho del río Aguas Calientes, lo que frente a una avenida daría lugar un posible represamiento. Para evitarlo se recomienda su reubicación.
8. El Sistema de Alerta Temprana (alarma) debe ser implementado en ambas quebradas. Asimismo en época de lluvias se debe contar con vigías nocturnos, apostados en casetas, ubicadas en zonas estratégicas de dichas quebradas, fortaleciendo así la alerta temprana.

9. Se recomienda, realizar simulacros continuos y capacitación a los miembros de la ciudad y comunidades asentadas dentro del Santuario Histórico de Machupicchu en Gestión del Riesgo de Desastres, con la finalidad que la población conozca las condiciones de riesgo en la que vive y sepa cómo actuar frente a cualquier eventualidad natural o antrópica.

#### **Sobre Restricciones de Edificaciones Urbanas Existentes**

10. Los suelos aptos para edificaciones son los ubicados en el área central de la ciudad con alturas de edificación de hasta 3 pisos con zapatas cuadradas de 1.5m. Para todos los casos se recomienda profundidades de cimentaciones no menor a 1.5m.  
Las edificaciones deben ser de material noble concreto o ladrillo, y mantenerse en buen estado de conservación.

#### **Sobre Crecimiento Urbano de la Ciudad**

11. La ciudad de Machupicchu no podrá incrementar su área urbana, según lo señalado en el Plan Maestro del Santuario Nacional Histórico de Machupicchu, por lo cual se crecimiento urbano tiene restricciones, y la altura de edificaciones deberá respetar el Plan de Reordenamiento Urbano de Machupicchu vigente. Se debe promover la seguridad física de la ciudad de Machupicchu de acuerdo a la Clasificación de Suelo Urbano con fines de seguridad física elaborado en el presente Estudio. **(Mapa N° 20)**
12. Es necesario que la Municipalidad Distrital de Machupicchu implemente un estricto plan de control del crecimiento urbano y demográfico en la ciudad de Machupicchu, debido tanto a las restricciones de la normatividad, como a la ausencia de áreas de expansión urbana, de ese modo evitar la socavación antrópica de taludes en laderas para fines de edificación, lo que viene generando la activación de antiguos deslizamientos en las vertientes que rodean la ciudad.

#### **Sobre Gestión y Control Ambiental**

13. Impulsar mecanismos técnico normativos para la vigilancia y control de la contaminación de los recursos naturales.
14. Lograr un control eficiente de las fuentes de contaminación y de los responsables de su generación, aplicando mecanismos de vigilancia y control ambiental.
15. Promover la ecoeficiencia en la gestión ambiental, adoptando medidas idóneas en el desarrollo de las actividades municipales.
16. Fomentar el ahorro y la eficiencia en el uso del agua así como el cuidado y protección del ambiente.
17. Implementar sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales.
18. Promover el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos, coordinando acciones con las autoridades sectoriales correspondientes.
19. Promover la inversión pública y privada a fin de implementar sistemas de recolección, transporte, disposición final y tratamiento de los residuos sólidos.
20. Promover y fortalecer el nivel de coordinación con el SERNANP, con el objetivo de lograr una mayor presencia en la zona.

## **Sobre Seguridad Física de la ciudad de Machupicchu**

21. Aplicación del Mapa de Clasificación del Suelo Urbano con fines de Seguridad Física con la finalidad de orientar la ocupación del suelo urbano, con las siguientes recomendaciones para cada tipo de suelo identificado:
- a. **Para el Suelo Urbano Consolidado:** Debido a las características de su suelo compacto y buena capacidad de carga, es el único suelo apto de la ciudad, donde la ocupación urbana en su crecimiento vertical no debe exceder los tres pisos de altura de las edificaciones con zapata mínima de 1.5m o zapata corrida. Se deberá controlar el aforo de las áreas de concentración pública como el estadio, la estación Ferroviaria, Plaza Artesanal y Cementerio.
  - b. **Para el Suelo Urbano Consolidado con restricciones:** Área de la ciudad ocupada y consolidada, donde el crecimiento urbano ha seguido una tendencia de expansión hacia las vertientes expuestas a caída de rocas y deslizamientos, así como afectación de las zonas contiguas a los cauces de las quebradas de Aguas Calientes y Vilcanota por aluviones. En estas zonas se debe reducir la densidad poblacional, y restringir la construcción de nuevas edificaciones. Las edificaciones deberían tener como máximo tres pisos de altura, con zapatas cuadradas de 1.50m. como mínimo o zapatas corridas.
  - c. **Para el Suelo No Urbanizable – Franja de Seguridad Física:** En estas áreas afectadas por erosión, desbordes e inundaciones del río Vilcanota y de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo, no deben permitirse edificaciones y las existentes deben ser reubicadas.
  - d. **Para el Suelo No urbanizable de Protección Ecológica:** Las laderas rocosas accidentadas y empinadas de los cerros Media Naranja, Las Orquídeas y Calvario que rodean la ciudad, afectadas permanentemente por caída de bloques rocosos, reptación y deslizamientos, e incendios forestales naturales o provocados, y que además constituyen parte del ámbito del Santuario Nacional Histórico de Machupicchu, deben protegerse de la ocupación urbana.
  - e. **Para el Suelo No urbanizable de Protección Ambiental:** Los cauces del río Vilcanota y de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo, que constituyen las principales fuentes hídricas que llegan a la ciudad, vienen siendo afectadas por la contaminación de los efluentes líquidos domésticos vertidos directamente, produciendo la disminución gradual de la calidad de sus aguas, por lo que deben protegerse para su recuperación ambiental.

## **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 DOMÉSTICA.**- 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 río, 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, gobernables y competitivas.

**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 vivos 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 principalmente) 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.

**EQUIPO TÉCNICO.-** Grupo de especialista encargado de la elaboración del Estudio PCS.

**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.

**MERCANCIAS 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.

<b>FICHA TÉCNICA 01 – MACHUPICCHU</b>	
<b>PROYECTO: “Instalación de Peinetas en las Quebradas Aguas Calientes y Mejoramiento Estructural, descolmatación de ambas quebradas”</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	 <p>Peinetas propuestas</p>
Región: CUSCO. Provincia: URUBAMBA. Distrito: MACHUPICCHU. Sector: Machupicchu Pueblo y Qdas. Alcamayo y Aguas Calientes.	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Disipar la energía de todo el material que acarrearía una posible avenida.	
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>
A corto plazo	Primera
Única zona amplia y estratégica donde funciona un disipador de energía, en la Qda. Aguas Calientes.	
<b>DESCRIPCION:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Adyacentes a la localidad de Machupicchu Pueblo, se hallan ubicadas las Qdas. de Aguas Calientes y Alcamayo, con pendientes promedio de 11%, la cuales conciben terrazas fluvio aluvionales (antiguos Huaycos), suelos no consolidados de mediana compacidad y baja consolidación y esponjados por la gran cantidad de material orgánico, producto de la intensa vegetación existente en las partes medias de ambas quebradas.</li> <li>➤ Actualmente en toda la cuenca se genera intensa actividad geodinámica, suelos y taludes inestables con presencia de deslizamientos (antiguos y recientes), generando riesgo y vulnerabilidad permanente en la zona, ayudado por lo encañonado y lechos angostos con que cuentan ambas quebradas.</li> <li>➤ 36 Peinetas propuestas con rieles para la Qda. Aguas Calientes, de 1m. de altura sobresaliente y distanciados a 1m. Proyectadas a las laterales, las cuales atraparían bolonería de diámetros considerables, en situaciones de aluvión o huayco, entretanto en la Qda. Alcamayo solo se haría un mejoramiento en sus estructuras.</li> <li>➤ Asimismo este sistema estructural, en cada época de estiaje debe de ser descolmatado y limpiado en dos oportunidades, tanto al final y al principio de la época de lluvias.</li> </ul>	
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSION</b>	
S/. 300 000 nuevos soles (Instalación de peinetas en la Qda. Aguas Calientes y mejoramiento estructural y descoltacion de bolonería y escombros en dos ocasiones por año, en ambas quebradas.	
<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Población en general establecida actualmente en Machupicchu Pueblo.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Gobierno Regional del Cusco.	Preventivo y de alto valor socioeconómico
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Gobierno Regional del Cusco, Sectores, Cooperación Internacional.	Positivo Alto

FICHA TÉCNICA 02 – MACHUPICCHU		
<p>PROYECTO: “Construcción e instalación de Muros, Gaviones y Enrocados en cauces de los ríos Alkamayo y Aguas Calientes, para protección de taludes ante la socavación de sus bases ”</p>		
UBICACIÓN:		
Región: CUSCO. Provincia: URUBAMBA. Distrito: MACHUPICCHU. Sector: Machupicchu Pueblo y Qdas. Alkamayo y Aguas Calientes.		
OBJETIVOS:		
Evitar su erosión y socavamiento de las bases de los taludes en cauces de los ríos Alkamayo y Aguas Calientes por las corrientes hidráulicas de los ríos Aguas Calientes y Alkamayo.		
TEMPORALIDAD	PRIORIDAD	<p><b>Reciente deslizamiento generado por socavamiento, ubicado en la parte media del Rio Alkamayo.</b></p>
A corto plazo	Primera	
DESCRIPCION:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En las bases de los taludes ubicados en ambos flancos de los cauces de los ríos Alkamayo y Aguas Calientes, se presentan socavaciones y erosiones generadas por los hilos hidráulicos, dando lugar a deslizamientos, derrumbes y reptaciones, para lo cual se deben construir obras ingenieriles tales como Gaviones tipo colchón, engavionado tipo andenería escalonada, Enrocados y en algunos casos muros con concreto ciclópeo.</li> <li>➤ Así mismo en zonas críticas se debe incidir en proyectos de revegetación hacia sus partes medias y superiores, con arbustos de raíz profunda y ramificada, y así menguar los procesos erosivos ocasionados por el agua, aire y el calor solar.</li> <li>➤ Además de la instalación de un Sistema de Alerta Temprana que se requiere en ambas quebradas, éste debe fortalecerse con el monitoreo constante de dos vigías, instalados en casetas en ambas quebradas ubicadas en zonas estratégicas de la parte media y en temporada de lluvias.</li> </ul>		
MONTO ESTIMADO DE INVERSION		
El monto estimado asciende a la suma de S/. 1 000 000.00.		
BENEFICIARIOS:		
Población en general establecida actualmente en Machupicchu Pueblo.		
ENTIDAD PROMOTORA:		NATURALEZA DEL PROYECTO:
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Gobierno Regional del Cusco.		Preventivo y de alto valor socioeconómico
ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:		IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Gobierno Regional del Cusco, Sectores, Cooperación Internacional.		Positivo Alto

<b>FICHA TÉCNICA 03 – MACHUPICCHU</b>		
<b>PROYECTO: Instalación de enmallado y emperrados con pasadores, para zonas de arranque de bloques de roca, en la Leonera y el Picaso</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>		
Región: CUSCO. Provincia: URUBAMBA. Distrito: MACHUPICCHU. Sector: Machupicchu Pueblo y Qdas. Alcamayo y Aguas Calientes.		
<b>OBJETIVOS:</b>		
Estabilización, protección y tratamiento de laderas rocosas.		
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
A corto plazo	Primera	Zona de caída de bloques de roca, en el Picaso ubicada en la Qda. Alcamayo.
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En lugares como la Leonera, y el deslizamiento en la foto mostrada en la Qda. Aguas Calientes y la parte superior del Picaso en la Qda. Alcamayo, se requiere realizar enmallados y emperrados en zonas de arranque, para así controlar la caída de bloques y la desestabilización de las mismas, por efectos de las lluvias y la meteorización.</li> <li>➤ En la Leonera, el Picaso se dan caída de detritos, derrumbes y deslizamiento, que dan lugar al cierre de los cauces formándose diques, que a la ruptura de las mismas dan lugar a los desembalses y huaycos.</li> <li>➤ Debido a esta problemática se hace necesaria la instalación de enmallados y emperrados, que permitan estabilizar y retener la caída de estos bloques, entre tanto en la zona de La Leonera se recomienda drenar los manantes con drenes de coronación.</li> </ul>		
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSIÓN</b>		
El monto estimado asciende a la suma de S/. 1 000 000.00.		
<b>BENEFICIARIOS:</b>		
Población en general establecida actualmente en Machupicchu Pueblo.		
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Gobierno Regional del Cusco	Preventivo y de alto valor socioeconómico	
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Gobierno Regional del Cusco, Sectores, Cooperación Internacional.	Positivo Alto	

FICHA TÉCNICA 04 – MACHUPICCHU	
<p>PROYECTO: Voladura y construcción de calzaduras en zonas de caídas de rocas, halladas en las vertientes circundantes a la ciudad.</p>	
UBICACIÓN:	
<p>Región: CUSCO.                  Provincia: URUBAMBA.                  Distrito: MACHUPICCHU.                  Sector: Machupicchu Pueblo y Qdas. Alcamayo y Aguas Calientes.</p>	
OBJETIVOS:	
<p>Estabilizar con calzaduras bloques de roca inestables y desbrozar con explosivos bolonería suelta, halladas en las vertientes perimetrales de Machupicchu Pueblo.</p>	
TEMPORALIDAD	PRIORIDAD
A corto plazo	Primera
<p>Bolonería suelta con diámetro promedio de 1m. Hallada en el cerro Media Naranja, propensos a caer por efectos sísmicos o socavación de taludes.</p>	
DESCRIPCIÓN:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En las laderas del sector Media Naranja, Cerro entre Ríos, Ecoin, las Orquídeas y la parte superior del Mirador, se ha identificado bolonería inestable, que rebasan los 3m.de diámetro y cuyas bases se hallan expuestas a ser erosionadas por las aguas meteóricas para lo cual es necesario realizar calzaduras con mezcla de concreto pobre.</li> <li>➤ En el caso de rocas o bolonería ya muy expuesta en más de un 90% de su tamaño y asentadas en las vertientes, requieren ser desbrozadas con explosivos.</li> <li>➤ En estas zonas críticas es necesario ejecutar obras civiles de calzaduras, para estabilizar las rocas propensas a colapsar en caso sucediese un movimiento sísmico, las que también podrían generar huaycos.</li> <li>➤ Evitar el socavamiento antrópico de los taludes que circundan a la ciudad, con fines de edificación, mediante un corredor perimetral de 1.5m de ancho, delimitando así la zona urbana con el área natural protegida por el estado, donde se hallan las zonas propensas a deslizar.</li> </ul>	
MONTO ESTIMADO DE INVERSIÓN	
<p>El monto estimado asciende a la suma de S/. 400 000.00.</p>	
BENEFICIARIOS:	
<p>Población en general establecida actualmente en Machupicchu Pueblo.</p>	
ENTIDAD PROMOTORA:	NATURALEZA DEL PROYECTO:
<p>Municipalidad Distrital de Machupicchu,                  Gobierno Regional del Cusco</p>	<p>Preventivo y de alto valor socioeconómico</p>
ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:	IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:
<p>Municipalidad Distrital de Machupicchu,                  Gobierno Regional del Cusco, Sectores,                  Cooperación Internacional.</p>	<p>Positivo Alto</p>

<b>FICHA TÉCNICA 05 - MACHUPICCHU</b>	
<b>PROYECTO: Expediente Técnico para la Recuperación de la faja marginal de los ríos Vilcanota, Aguas Calientes y Alcamayo.</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	
Ciudad de Aguas Calientes	
<b>OBJETIVOS:</b>	
Efectuar un estudio técnico económico y social orientado a la recuperación de las fajas marginales de los ríos Vilcanota, Aguas Calientes y Alcamayo, que permita reubicar las edificaciones construidas al borde de estos ríos, a lugares más seguros, a fin de proteger la vida y el patrimonio de sus moradores.	
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>
CORTO PLAZO	Primera
<b>DESCRIPCION:</b>	
<p>La faja marginal<sup>1</sup> de los ríos es la zona adyacente al lecho del río que constituye un área de protección, en la que no se deben efectuar construcciones porque ponen en riesgo la vida y el patrimonio de sus moradores, pues, por su propia naturaleza, los ríos desarrollan trayectorias cimbreadas que se modifican en el tiempo, especialmente cuando se producen crecidas que hacen que se incremente su fuerza dinámica y su poder erosivo.</p> <p>Aunque no existe espacio para el desarrollo de la ciudad y la razón de existencia de este poblado es la oportunidad de trabajo que ofrece a sus moradores (que brindan servicios al turismo), es preciso ordenar y/o reubicar adecuadamente los espacios de hábitat, de manera que ofrezcan seguridad y disminuyan los riesgos para sus moradores, por lo que es prioritario efectuar los estudios técnicos, económicos y sociales necesarios para este propósito<sup>2</sup>.</p> <p>(1) Artículo 74° de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338: <b>Faja marginal:</b> En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.</p> <p>(2) Declaran de necesidad pública y prioridad regional la “Defensa de la Faja Marginal del Río Vilcanota y Afluentes” en la Región del Cusco - Ordenanza Regional N° 068-2010-CR-GRC del 08.02.2010.</p>	
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSION</b>	
S/.150,000.00	
<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Población de Aguas Calientes	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Distrital de Aguas Calientes , Gobierno Regional Cusco	Estructurador
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Tesoro Público y/o Cooperación Internacional.	Alto



**FICHA TÉCNICA 06 - MACHUPICHU**

**Proyecto: Mantenimiento de Cauces de las Quebradas Alcamayo y Aguas calientes**

**UBICACIÓN:**

Ciudad de Machupicchu

**OBJETIVOS:**

Mejorar las condiciones del flujo de los ríos y quebradas que pasan por el Centro Poblado de Aguas Calientes o que tienen incidencia por encontrarse próximas a ella; por medio de la limpieza del fondo y taludes de los cauces, la descolmatación del arrastre sólido y la construcción de estructuras convencionales de protección.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

CORTO PLAZO

Primera

**DESCRIPCION:**

Los trabajos de mantenimiento de los cauces deben tener un carácter permanente, con una periodicidad anual. Deben ser ejecutados por lo menos una vez al año, antes del inicio de la temporada de lluvias. Estos trabajos consisten, en la limpieza del lecho del cauce, especialmente del material de arrastre grueso que incluye los bolones de piedra y de los taludes de los cauces, eliminando materiales de desecho como plásticos, latas y otros restos, así como talando la vegetación que crece en los taludes; siendo fundamental la remoción de los sólidos de arrastre que colmatan el cauce y que pueden ser trasladados aguas abajo, donde ocasionarían perjuicios mayores. Los tramos canalizados deben ser igualmente mantenidos, prestando especial atención al deterioro producido por la erosión del lecho y la socavación de los taludes.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSIÓN**

S/. 60,000.00 anuales

**BENEFICIARIOS:**

Pobladores del Centro Poblado de Aguas Calientes

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Municipalidad Distrital de Aguas Calientes

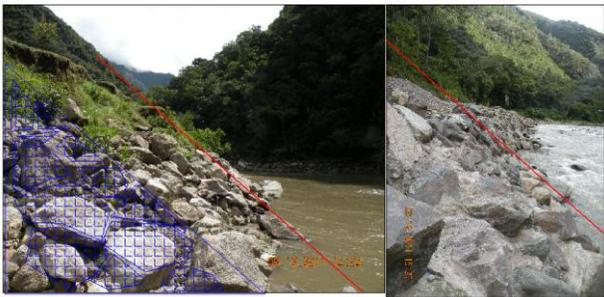
Estructurador

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Recursos Propios y/o Cooperación Internacional.

Alto

FICHA TECNICA 07 - MACHUPICCHU	
<b>PROYECTO: Sistema de Enrocado de base ancha para Protección Ribereña de edificaciones en el Río Vilcanota</b>	
<b>UBICACION</b>	 <p><b>Foto 1: Talud Natural en el borde del Vilcanota</b></p>
Distrito : Machupicchu, Provincia Urubamba, Departamento del Cusco	
<b>OBJETIVOS:</b>	
<p><b>GENERAL:</b> Asegurar la estabilidad de las edificaciones ante la erosión del Río Vilcanota por socavación.</p> <p><b>ESPECIFICO:</b> Mediante obras de defensa ribereña evitar la erosión de las bases de las cimentaciones.</p>	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD</b>
A corto y mediano plazo	primaria
 <p><b>Foto 2: Vista del talud natural y del talud enrocado a la altura de Inka Terra. Este talud se propone para todo el cauce.</b></p>	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	
<p>El sistema de defensa ribereña consiste en un sistema de enrocado con un 10% de concreto en forma de mampostería de piedra, similar al ejecutado en la zona de Inka Terra (foto 2), cuya inclinación coincide con el talud natural del río. Este sistema por su base ancha tiene una mayor eficiencia a la erosión y las crecidas del espejo de agua son más lentas, lo que permite la evacuación o elevar la defensa eventualmente.</p> <p>El sistema de gaviones, si bien es cierto tiene buenos resultados por no ser rígido, pero tiene la debilidad de que su estructura metálica y puede sufrir roturas de su estructura, por el constante golpeteo de fragmentos y bloques transportados por el río Vilcanota en forma de rodadura y saltación, que tienden a chocar a lo largo del talud de Machupicchu (por efectos centrífugos de curvatura), que generan la erosión del pie del talud</p> <p>Los costos del proyecto (defensa ribereña mediante enrocado) son fundamentalmente basados en maquinaria (excavadora y cargador frontal) que tiene la municipalidad distrital de Machupicchu para el acondicionamiento del enrocado, por lo que resulta económico.</p>	
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSION:</b>	
S/.400 000 (cuatrocientos mil nuevos soles)	
<b>BENEFICARIOS:</b>	
Toda la población que vive en las zonas de Peligro Alto y Peligro Muy Alto del área de Machupicchu.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidades Distrital de Machupicchu, Municipalidad Provincial de Urubamba.	Preventivo y de seguridad física de las edificaciones.
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Canon y sobre canon	Positivo

FICHA TÉCNICA 08 - MACHUPICCHU	
<b>PROYECTO: Rotura de Bloques mediante Perforación del lecho rocoso del Río Vilcanota para reducción de Remansos y oleajes que generan inundaciones y erosión fluvial</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	 <p>Bloques de rocas en el cauce del Vilcanota.</p>   <p>Método de perforación y obtención de bloques de rocas en formas y tamaño deseados para el enrocado.</p>
Distrito : Machupicchu, Provincia Urubamba, Departamento del Cusco	
<b>OBJETIVOS:</b>	
<p><b>GENERAL:</b> Asegurar la estabilidad de las edificaciones ante la erosión del Río Vilcanota por socavación.</p> <p><b>ESPECIFICO :</b> Evitar la erosión de las bases de las cimentaciones mediante obras de descolmatación del río Vilcanota.</p>	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD:</b>
A corto y mediano plazo	Primera
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	
<p>Consiste en Limpieza del cauce del río Vilcanota y de las quebradas de Alcamayo y Aguas calientes mediante la rotura de bloques de rocas graníticas que se hallan en sus cauces, creando remansos y oleajes que generan la inundación de zonas vulnerables de edificaciones. Estos cortes o roturas de bloques se pueden realizar en formas y tamaños que puedan servir para la construcción de los enrocados. Este sistema que se propone no impacta el medio ambiente, dado que se debe utilizar cordón detonante y perforación a percusión (con compresoras), de manera que se pueden obtener bloques de los tamaños requeridos para su colocación como enrocados.</p>	
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSION:</b>	
S/ 800 000(Ochocientos mil nuevos soles)	
<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Toda la población que vive en las zonas de Peligro Alto y Peligro Muy Alto del área de Machupicchu.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidades Distrital de Machupicchu, Municipalidad Provincial de Urubamba.	Preventivo y de seguridad física de los asentamientos
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Canon y sobre canon	Positivo alto

FICHA TECNICA 09 - MACHUPICCHU	
<b>PROYECTO: ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	
<b>UBICACION</b>	
Distrito : Machupicchu, Provincia Urubamba, Departamento del Cusco	
<b>OBJETIVOS:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudio adecuado para el tratamiento primario y secundario de las aguas residuales del ámbito urbano de la ciudad de Machupicchu.</li> <li>2. Evitar que los vertidos de aguas residuales sean eliminados al río Vilcanota sin previo tratamiento.</li> <li>3. Evitar la contaminación del agua y riberas del río por vertidos domiciliarios</li> </ol>	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD</b>
A largo y mediano plazo	Primaria
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	
<p>En la ciudad de Machupicchu, las fuentes emisoras de efluentes contaminantes como las que provienen de viviendas y establecimientos comerciales son eliminadas al ambiente ocasionando contaminación del río Vilcanota y las riberas del mismo. Previamente al proyecto se debe realizar el Estudio para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales es de responsabilidad de la Municipalidad, quien debe gestionar a través de mecanismos de coordinación con diferentes instituciones como la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), a fines de formular el proyecto, aspectos técnicos, estudio de impacto, entre otros, que permitan la localización, sistema, técnicas y procedimientos adecuados a las condiciones de la ciudad del entorno ambiental.</p>	
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSIÓN:</b>	
S/.35,000 (treinta y cinco mil nuevos soles)	
<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Toda la población de la ciudad de Machupicchu.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Urubamba, <b>Municipalidad Distrital de Machupicchu</b> y DIGESA	Estructurante y preventivo
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Distrital de Machupicchu , Municipalidad Provincial de Urubamba, Gobierno Regional Cusco, Convenios, Cooperación Internacional, ONGs, etc.	Positivo alto

FICHA TECNICA 10 - MACHUPICCHU	
<b>PROYECTO: ESTUDIO IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN FRENTE A INCENDIOS</b>	
<b>UBICACION</b>	
Distrito : Machupicchu, Provincia Urubamba, Departamento del Cusco	
<b>OBJETIVOS:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar un sistema de prevención y actuación frente a incendios.</li> <li>2. Realizar acciones conjuntas con la Compañía de Bomberos del Cusco, para la instalación de hidrantes en todo el emplazamiento de la ciudad.</li> <li>3. Realizar capacitaciones al personal (designado por la Municipalidad) para la formación de brigadas contra incendio en coordinación con la Compañía de Bomberos Cusco.</li> </ol>	
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD</b>
A Corto Plazo	Primera
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	
<p>Por la ubicación en la que se encuentra Machupicchu Pueblo, el emplazamiento urbano se encuentra rodeado de barreras fisiográficas como grandes montañas y ríos. El acceso a la ciudad se realiza únicamente por tren, no existiendo otra vía alterna. En el caso de un eventual incendio no se cuenta con los medios para atender esta situación de emergencia, como una compañía de bomberos o una brigada capacitada residente en la zona. La Compañía de Bomberos más cercana se encuentra en Cusco. Asimismo la ausencia de instrumentos que faciliten las labores contra un incendio, como la falta de hidrantes en la ciudad es un aspecto que se debe considerar prioritariamente a fin de evitar un incendio en gran escala.</p> <p>La Municipalidad Distrital de Machupicchu debe considerar la implementación de un sistema de prevención y actuación frente a un eventual incendio. La Municipalidad debe coordinar con la Compañía de Bomberos del Cusco para las actividades de capacitación de un grupo de personas para hacer frente a un incendio. Igualmente se debe implementar todos los medios e instrumentos con el objetivo de facilitar las labores frente a un incidente.</p>	
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSION:</b>	
S/.30,000 (treinta mil nuevos soles)	
<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Población de la ciudad de Machupicchu.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Distrital de Machupicchu y Compañía de Bomberos del Cusco	Estructurante y preventivo
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Distrital de Machupicchu , Municipalidad Provincial de Urubamba, Gobierno Regional Cusco, Convenios , Cooperación Internacional, ONGs, etc.	Positivo alto



FICHA TECNICA 11 - MACHUPICCHU	
<b>PROYECTO: TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y EN GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES A NIVEL ESCOLAR Y POBLACIÓN EN GENERAL</b>	
<b>UBICACION</b>	
Distrito : Machupicchu, Provincia Urubamba, Departamento del Cusco	
<b>OBJETIVOS:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover e impulsar programas y/o actividades de capacitación en protección y conservación ambiental, generando sensibilización y conciencia ambiental.</li> <li>2. Fomentar una cultura y modo de vida en relación a la seguridad ante eventos naturales. Promoviendo el conocimiento, la participación y el respeto sobre las normas y recomendaciones ante riesgos y peligros naturales.</li> </ol>	
	
A Corto Plazo	Primaria
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	
<p>El programa debe considerar los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollar cursos y talleres dirigidos a la población en general fomentando su participación.</li> <li>▪ Elaborar y distribuir material impreso, como folletos, revistas y afiches, entre otros, para garantizar la mayor comprensión y enseñanza de los contenidos ambientales y de seguridad ante eventos naturales y tecnológicos.</li> <li>▪ Los talleres deben incluir temas como las conductas respecto al arrojo de basura, fomentando la reducción, segregación, reuso y reciclaje.</li> <li>▪ Promover prácticas sanitarias para el manejo doméstico del agua y prevención de enfermedades.</li> <li>▪ Difundir los efectos adversos que devienen de la deforestación en laderas y cabecera de cuenca.</li> <li>▪ Dar a conocer las recomendaciones y sugerencias ante riesgos de desastres naturales y tecnológicos.</li> <li>▪ Fomentar la participación ciudadana en la gestión de riesgos de desastres.</li> </ul>	
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSION:</b>	
S/.20,000 (veinte mil nuevos soles)	
<b>BENEFICIARIOS:</b>	
Población de la ciudad de Machupicchu.	
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>
Municipalidad Provincial de Urubamba, Municipalidad Distrital de Machupicchu y Plataforma Distrital de Defensa Civil de Machupicchu	Complementario.
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>
Tesoro público Municipalidad Distrital de Machupicchu, Municipalidad Provincial de Urubamba, Gobierno Regional Cusco, Sectores, Cooperación Internacional.	Positivo alto

<b>FICHA TECNICA 12 - MACHUPICCHU</b>		
<b>PROYECTO: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RESPUESTA ANTE DESASTRES</b>		
<b>UBICACION</b>		
Distrito : Machupicchu, Provincia Urubamba, Departamento del Cusco		
<b>OBJETIVOS:</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollar un plan de emergencia en caso de desastre.</li> <li>2. Establecer medidas de atención a víctimas ante un escenario de desastre.</li> <li>3. Definir acciones, directivas y técnicas a fin de optimizar las respuestas ante las emergencias.</li> </ol>		
<b>TEMPORALIDAD:</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
A Corto Plazo	Primaria	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
<p>Después de la ocurrencia de un desastre además de los daños ocasionados en las viviendas e infraestructuras, los perjuicios en los sistemas de agua y saneamiento pueden agravar las condiciones de salud de las poblaciones afectadas. Las enfermedades relacionadas a la contaminación del agua de consumo (enfermedades diarreicas agudas), se generan o incrementan luego de la ocurrencia de un desastre natural. Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Municipalidad Distrital de Machupicchu conjuntamente con la Plataforma de Defensa Civil, deberán abastecerse de instalaciones, equipos y materiales fundamentales para la atención de emergencias y necesidades frente a un desastre.</li> <li>2. Desarrollar e implementar un Plan de Respuesta ante emergencias ocurrido un desastre, priorizando acciones para la atención de problemas de salud y saneamiento ambiental.</li> <li>3. Establecer medidas prácticas eficientes, operativas y rápidas para la atención inmediata de las víctimas.</li> </ol>		
<b>MONTO APROXIMADO DE INVERSION:</b>		
S/.60,000 (sesenta mil nuevos soles)		
<b>BENEFICIARIOS:</b>		
Población de la ciudad de Machupicchu.		
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Provincial de Urubamba, Municipalidad Distrital de Machupicchu y Plataforma Distrital de Defensa Civil de Machupicchu	Estructurante y preventivo	
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Distrital de Machupicchu, Municipalidad Provincial de Urubamba, Gobierno Regional Cusco, Sectores y ONGs.	Positivo alto	