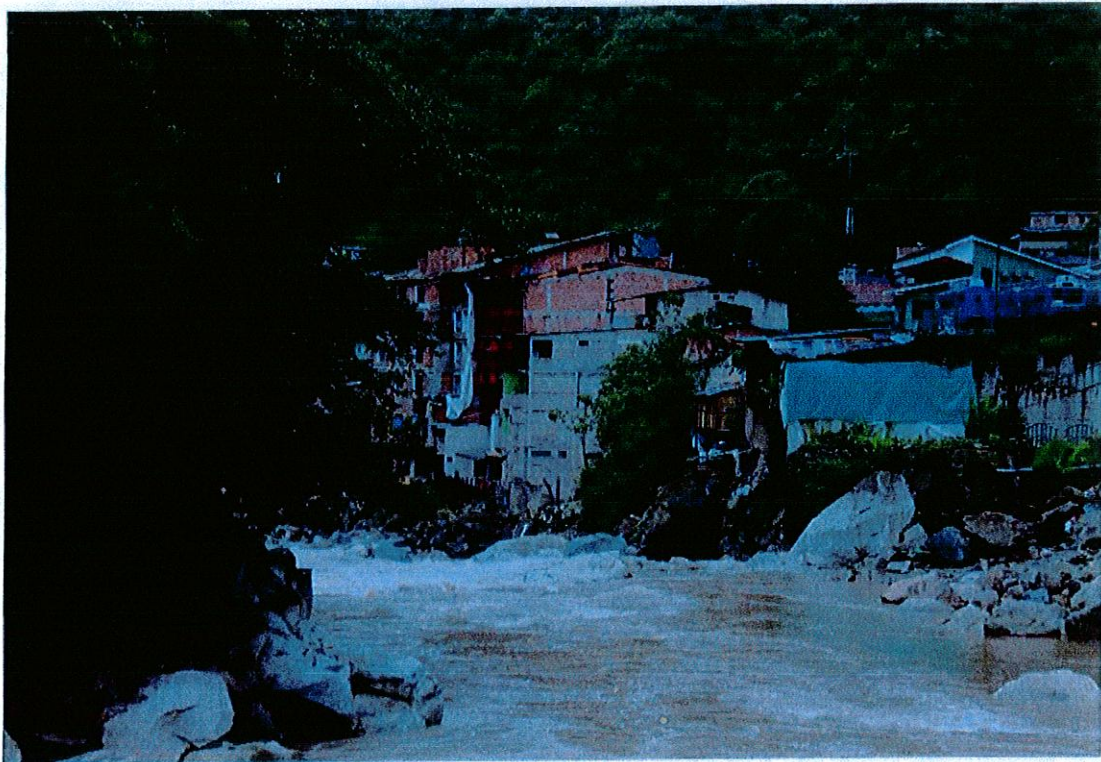


INFORME TÉCNICO

**EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN DE RIESGO Y DAÑOS
EXISTENTES EN EL DISTRITO DE MACHUPICCHU
PUEBLO**

(DISTRITO DE MACHUPICCHU, PROVINCIA DE URUBAMBA, REGIÓN CUSCO)

**VISITA DE INSPECCIÓN AL DISTRITO DE MACHUPICCHU PUEBLO
20 – 21 NOVIEMBRE 2013**



POR:

**Oscar Darío Vargas Cerón (ANA)
Lionel Fídel Smoll (INGEMMET)
Zenón Huamán G. (SENAMHI)**

NOVIEMBRE 2013

PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS
CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN
Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES-CENEPRED
RECIBIDO
27 NOV 2013
Hora: 15:56h. Firma: [Firma]
Reg. N° 2080

"Si, arriba, el Santuario de Machu Picchu, evoca el orden, abajo, el pueblo de Aguas Calientes, refleja el caos. Si arriba, Machu Picchu, representa la planificación y el bien común, abajo, Aguas Calientes, es la tierra de nadie". Que el terminal de acceso a la principal atracción turística del país, y "una de las siete maravillas del planeta" según un deslumbrado Shimon Peres¹, sea lo que es, no es sino la expresión de la desorganización y la estrechez de miras de las autoridades nacionales".

CARETAS, 2 de Agosto de 2001

¹ Premio Nobel de la Paz 1994, Ex Primer Ministro de Israel y actualmente Presidente de Israel.

INTRODUCCIÓN

El poblado de Machupicchu y sus alrededores presentan una gran importancia ya que forman parte del Santuario Histórico de Machupicchu, por este hecho se realizan trabajos de gran importancia en este lugar por investigadores nacionales e internacionales, de los cuales tomamos algunos que se enmarcan en la área de estudio del presente trabajo

Mediante Oficio N°070-2013-PCM/SGRG, de fecha 15 de noviembre 2013, dirigida a la Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET, la Dra. Blanca Aróstegui Sanchez, Secretaria (e) de ~~Gestión de Riesgo de Desastres de la Presidencia del Consejo de Ministros~~, solicita la participación de INGEMMET en la visita de campo al distrito de Machupicchu Pueblo, provincia de Urubamba, región Cusco.

El Oficio, es resultado de la reunión con el Alcalde del distrito de Machupicchu, provincia de Urubamba, región Cusco, del 14 de noviembre del presente (Acta de Reunión 077-2013). En esta reunión participaron las siguientes instituciones: INDECI, MTC-GRD, PROVIAS NACIONAL, PROVIAS DESCENTRALIZADO, MUNIC. MACHUPICCHU; INGEMMET, AGRORURAL, MIN. AGRICULTURA; MIN. DE CULTURA; MEF – DGPI, MTC, MINCETUR – DNDT, MINAM, SERNAP, ANA, ANA – DPHM, CENEPRED, SENAMHI, MINEM – DGER, MVCS, SGRD – PCM.

Atendiendo a esta solicitud, las instituciones ANA, INGEMMET, SENAMHI – CUSCO, comisionan a los profesionales Ing. Oscar Vargas, Ing. Lionel Fídel Smoll, e Ing. Zenón Huamán respectivamente, para la visita de campo acordada. Esta se realizó entre el 20 al 21 de noviembre del 2013 y trato sobre la evaluación de la situación de riesgo y daños existentes en el distrito de Machu Picchu Pueblo.

En este informe se emiten las conclusiones y recomendaciones pertinentes, que las autoridades de Machu Picchu Pueblo deben tomar en cuenta para la prevención y mitigación de desastres.

UBICACIÓN

Morfológicamente MachuPicchu Pueblo se ubica sobre los conos de deyección, de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo. Conos de origen proluvial, formados por antiguos flujos de detritos (huaycos y aluviones). Ver Figura 1.

La microcuenca Aguas Calientes, representada por el río del mismo nombre, presenta una longitud máxima de 8.5 Km. desde el punto más alto (4250 msnm.) al punto más bajo en el río Vilcanota (2050 msnm.), con una pendiente promedio de 26%. Es importante mencionar la presencia de agua subterránea que al emerger forman pequeños riachuelos tributarios, que van acumulando su volumen en toda su trayectoria

La microcuenca Alcamayo, drenado por el río del mismo nombre, cuenta con una longitud máxima del río de 3.7 Km. desde el río Vilcanota (2050 msnm.), hasta los

3900 msnm. Con pendiente que fluctúa entre los 50 % a 60 %. De difícil acceso, presenta una descargas de aguas subterráneas. De forma elongada y se ramifica en tres pequeñas quebradas en su parte intermedia.

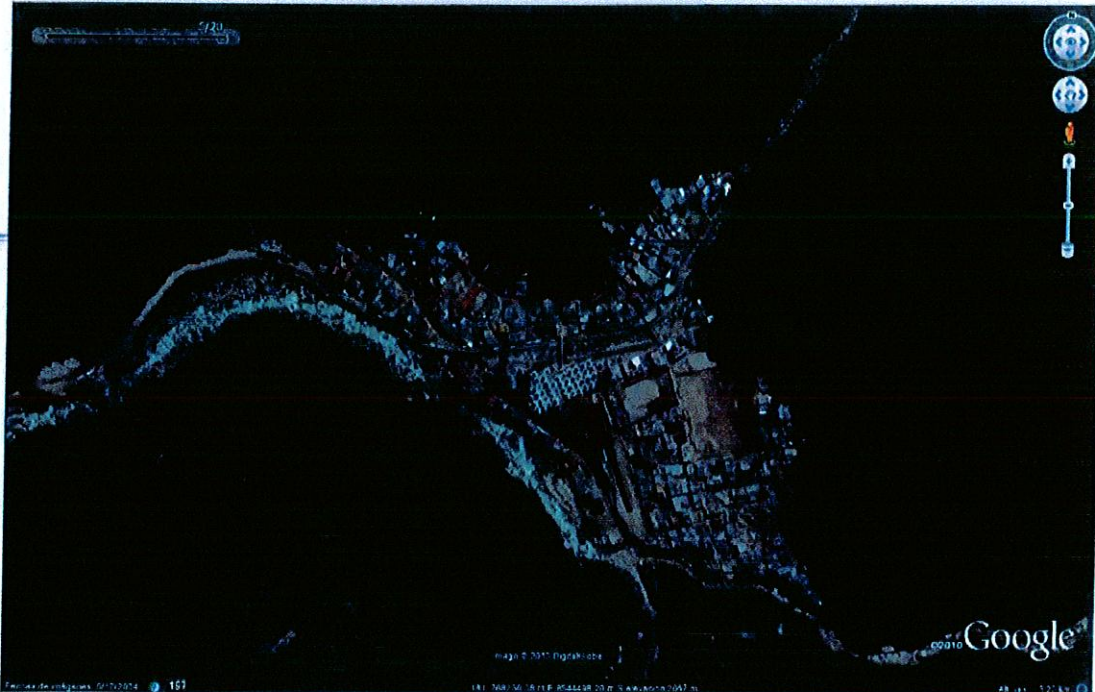


Figura 1: Conos deyectivos de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo. Imagen satelital del 17/5/2004 un mes después del aluvión de abril de 2004.

GEOMORFOLOGÍA

En el área de evaluación se distinguen las siguientes Unidades Geomorfológicas:

MONTAÑAS

Montañas Altas: se encuentran en las cabeceras de las microcuencas Aguas Calientes y Alcamayo, llegan a presentar alturas de hasta 4315 msnm, diferenciándose en dos tipos debido a su composición litológica, estas vienen a ser: montañas altas modeladas en rocas intrusivas (de composición granítica) y montañas altas modeladas en rocas metamórficas (esquistos de pizarras y cuarcitas).

Montañas Bajas: modeladas en rocas intrusivas, se diferencian de las montañas altas principalmente por la altura que presentan, siendo el punto en promedio más alto de esta unidad a 3000 msnm; estas presentan una composición granítica, en esta parte se encuentran las cumbres Media Naranja (encima del poblado de Machupicchu), Encantuyoc (en cuya parte media se encuentra el cerro Leonera Baja) y el cerro Poques o llamado también Entre Ríos que se encuentra en medio de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo.

LADERAS

Esta unidad geomorfológica, se observa en ambas márgenes a lo largo de las quebradas Aguas Calientes, Alcamayo, así como en ambas márgenes del valle del río Vilcanota. En el área, se presentan con pendientes entre Alta a muy Alta (25° a $>50^\circ$); presentando en algunos sectores zonas muy empinadas. En estos sectores se producen la mayoría de movimientos en masa (derrumbes, desprendimientos de rocas, deslizamientos y avalanchas). En estas observamos acumulaciones de depósitos coluviales inconsolidados, fácilmente erosionables y colapsables. Ver Foto 1.

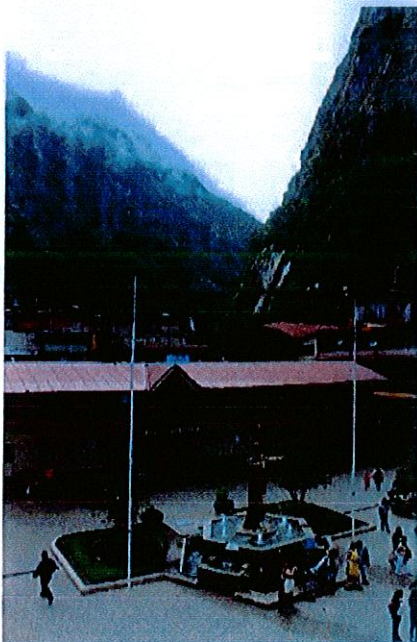


Foto 1: Laderas del valle del río Vilcanota. Con pendientes de mayores de 35° por sectores.

ABANICO PROLUVIAL

Esta unidad geomorfológica, está formado por la acumulación de varios depósitos de huaycos o aluviones antiguos que descendieron de las quebradas Aguas Calientes y Alcamayo. Formando el cono de deyección y/o abanico proluvial, de estos río. El abanico se encuentra a 2090 msnm. y está formada por bloques, cantos, arenas, etc., dispuestos de manera heterogénea. El área está sujeta a huaycos y/o aluviones periódicos y excepcionales. Sobre esta unidad se asienta el poblado de Machu Picchu Pueblo. Ver Foto 2.

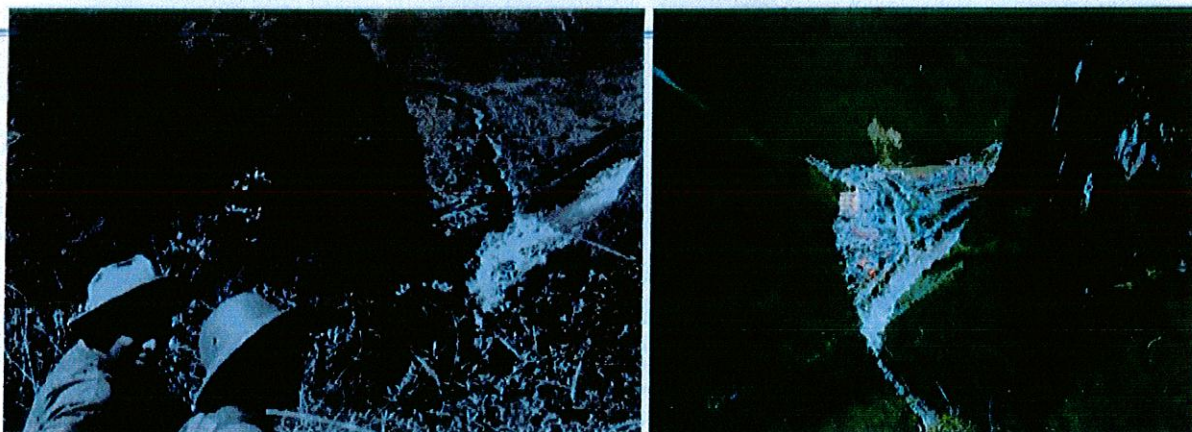


Foto 2: Cono deyección de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo en 1963 (izquierda) y en la actualidad (derecha: Foto Carlotto 1999). Las vistas han sido tomadas del Cerro Putucusi.

VALLES

Estas unidades geomorfológicas dominan el panorama de la zona de inspección, distinguiéndose dos tipos: Valles glaciares y valles aluviales.

Valle Glaciar: Esta geoforma se caracteriza por presentar un perfil transversal en "U" y formada por la acción glaciar. Se ubica en la cabecera de la quebrada Aguas Calientes. Se observan algunas morrenas aisladas.

Valle Aluvial: Se les considera así a los valles de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo que discurren por las quebradas de los mismos nombres. Se consideran valles juveniles con un perfil típico en "V" y un fondo de valle estrecho, llegando a presentar en algunos tramos un ancho de 6 m; estos valles están flanqueados por laderas, en algunos casos de pendiente fuerte a muy fuerte.

El valle del río Vilcanota (Urubamba), constituye la unidad más baja de la zona. Su piso se encuentra a 2050 msnm., por donde discurre el río del mismo nombre. En esta parte, el lecho tiene un ancho aprox. de 60 m, no presenta terrazas conspicuas y las laderas son muy empinadas, por lo que se le conoce con el nombre de cañón del Urubamba (Carlotto et.al., 2008). Ver Foto 3



Foto 3: Valle del río Urubamba, época de lluvias (izquierda) y en estiaje (derecha). Nótese la cantidad de bolonería en el cauce del río.

GEOLOGÍA LOCAL

Geológicamente en el contexto del área de influencia de la zona de estudio, se tienen unidades litológicas que corresponden a rocas del Paleozoico Inferior (Grupo San José) y depósitos Cuaternarios (Depósitos Fluviales, Aluviales, Coluviales y proluviales); así como también rocas graníticas del Permo – Triásico.

GRUPO SAN JOSE: Aflora en la cabecera de la microcuenca Aguas Calientes. Está conformada por pizarras negras o filitas muy duras y esquistosas. Consta también de cuarcitas (areniscas sericíticas) finas, pizarras micáceas, esquistos y lutitas bandeadas y negras (Carlotto et al., 1996). Esta formación es compleja y diversificada, y presenta algunos riesgos localizados, como condicionante a la ocurrencia de deslizamientos en pizarras y lutitas. Mientras que las rocas duras de esta formación forman laderas y cumbres escarpadas de superficies puramente rocosas, bastante fracturadas, que presentan deslizamientos de tipo traslacional (en bloques).

DEPÓSITOS CUATERNARIOS: Dentro de los depósitos cuaternarios identificados en la zona de estudio, se tienen: depósitos glaciares, fluviales, aluviales, coluviales y proluviales.

Depósitos glaciares: Estos depósitos se encuentran en la parte alta de la microcuenca Aguas Calientes. Constituyen acumulaciones de bloques y gravas en una matriz areno gravosa. Desde el punto de vista mecánico son depósitos de granulometría heterogénea y no compactos, de alta resistencia en seco, sin embargo en presencia de agua tienen problemas de inestabilidad.

Depósitos fluviales: Los depósitos fluviales se presentan en las márgenes del río Vilcanota y los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, a manera de terrazas. Estos depósitos están compuestos por cantos rodados y arenas, los cuales presentan una granulometría variada, dispuesta en capas e intercaladas. Las terrazas bajas constituyen zonas vulnerables, ya que durante las avenidas máximas, son afectados por inundaciones y erosiones como los ocurridos el año 2010 (Foto 4). Desde el punto de vista mecánico, estos depósitos son malos, aun mayor en presencia de agua, por lo tanto se comportan como inestables.



Foto 4: Río Vilcanota y sus depósitos fluviales, también se observan las grandes construcciones edificadas en el cauce del río.

Depósitos proluviales: Corresponden a los depósitos de conos de deyección que están principalmente asociados a las desembocaduras de las quebradas principales, tal es el caso de la quebrada Aguas Calientes y Alcamayo, que son adyacentes al valle del río Urubamba. En la zona de estudio, estos depósitos aluviales forman el abanico donde se emplazó el poblado de Machupicchu. Están constituidos por bloques de granito de hasta 5.0 m de diámetro, cantos y gravas, en una matriz areno - limosa; ellos son el resultado de aluviones o huaycos antiguos, que evidencian la fuerte actividad geodinámica de la zona (Carlotto et al., 2008). (Foto 5)



Foto 5: El poblado está emplazado sobre depósitos proluviales muy heterogéneos.

Depósitos coluviales: Son productos generalmente de deslizamientos y derrumbes que se acumulan en las bases de las laderas. Son diferenciables por la forma caótica de sus componentes, como también las formas y tamaños angulosos de sus clastos, encontrándose en las laderas de los cerros y antiguos deslizamientos.

Los depósitos coluviales en la zona de estudio se han formado en la base de las laderas por efecto de la erosión e intemperismo de las rocas graníticas; existen también bloques de granito que se han separado del macizo rocoso y/o afloramiento (caos granítico), estando algunos inestables y otros relativamente estables, ya que son protegidos por la vegetación que ha crecido entre ellos (Carlotto et al., 2008) (Foto 6). Desde el punto de vista mecánico, estos depósitos son muy malos para las construcciones; son inestables porque se erosionan fácilmente y se saturan, provocando algunos deslizamientos.



Foto 6: Depósitos coluviales (Q-co), cubiertos de una espesa vegetación, esto no asegura que este estabilizado ya que el 2010 se suscitó un derrumbe en este lugar, Urbanización Las Orquídeas.

ROCAS INTRUSIVAS

La zona de estudio, ubicada dentro de la Cordillera Oriental, está caracterizada por la presencia de varios cuerpos o macizos de rocas intrusivas, que forman el batolito de Machupicchu, sobre la que está emplazada gran parte del Santuario Histórico de Machupicchu. Este viene a ser un enorme cuerpo intrusivo; se caracteriza por presentar principalmente granitos y en menor proporción granodioritas y cuarzo monzodioritas.

En la zona de estudio, las rocas graníticas se hallan falladas, fracturadas y diaclasadas (Foto 7) y en algunos sectores alteradas, lo que condiciona su comportamiento geotécnico. Estas características condicionan movimientos en masa de tipo deslizamientos traslacionales (en cuñas o bloques), movilizándose grandes bloques de rocas ladera abajo. Estas rocas son buenos materiales de construcción y presentan buenas características mecánicas si no están alterados (Cuadro 04).



Foto 7: Afloramiento del macizo granítico en el puente de ingreso a los baños termales, se observa en líneas rojas los planos de diaclasamiento.

ANÁLISIS HIDROMETEOROLÓGICO

De acuerdo con el Informe Técnico "Comportamiento hidrológico de la cuenca del río Vilcanota" realizado por SENAMHI (2013); el caudal máximo generado en el presente ciclo hidrológico fue de 200m³/s, siendo los umbrales hidrológicos los siguientes:

Alerta Amarilla: 326.95 m³/s, valor del promedio máximo de los caudales promedios históricos.

Alerta Naranja: 425.04 m³/s, valor del promedio máximo de los caudales promedios históricos multiplicado por un factor de seguridad de 1.3.

Alerta Roja o Valor Crítico: 581.45 m³/s, valor de los promedios máximos caudales de la data histórica.

Estos valores fueron estimados según el impacto que causa en la zona.

Se esperan caudales máximos para el mes de noviembre de 260 m³/s y para el mes de diciembre de 360 m³/s, según la tendencia probabilística en un ajuste de distribución Gumbel y el comportamiento que viene siguiendo.

Los caudales máximos sucedidos en los últimos 13 años son superiores a 168 m³/s para el mes de Diciembre, lo cual significa que es riesgoso para cualquier trabajo de obra en la zona marginal del cauce del río.

Para mayor comprensión ver las Figuras 2, 3 y 4.

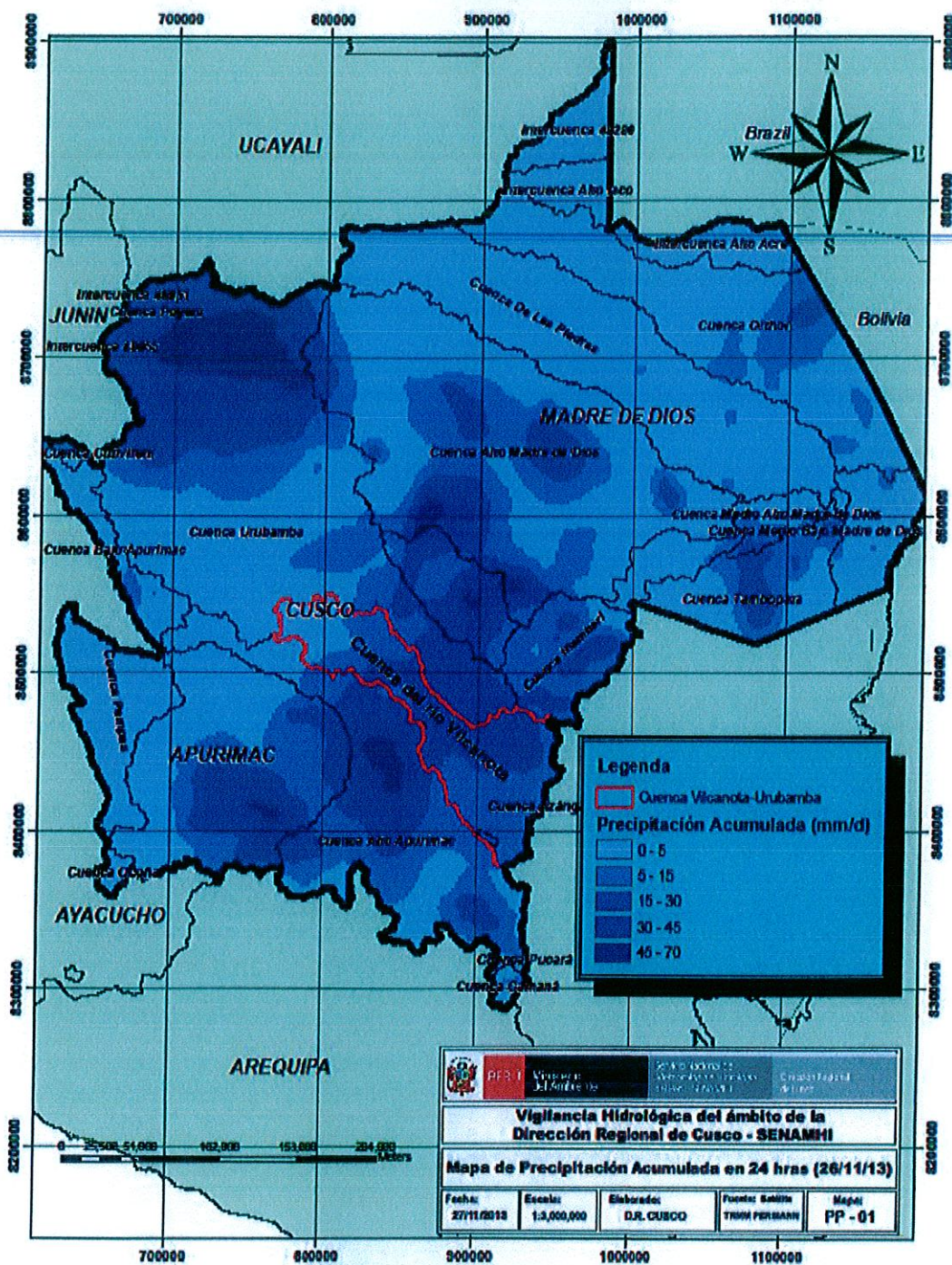


Figura 2: Mapa de Precipitaciones Acumuladas en 24 horas (28/11/13). Cusco y Madre de Dios. SENAMHI

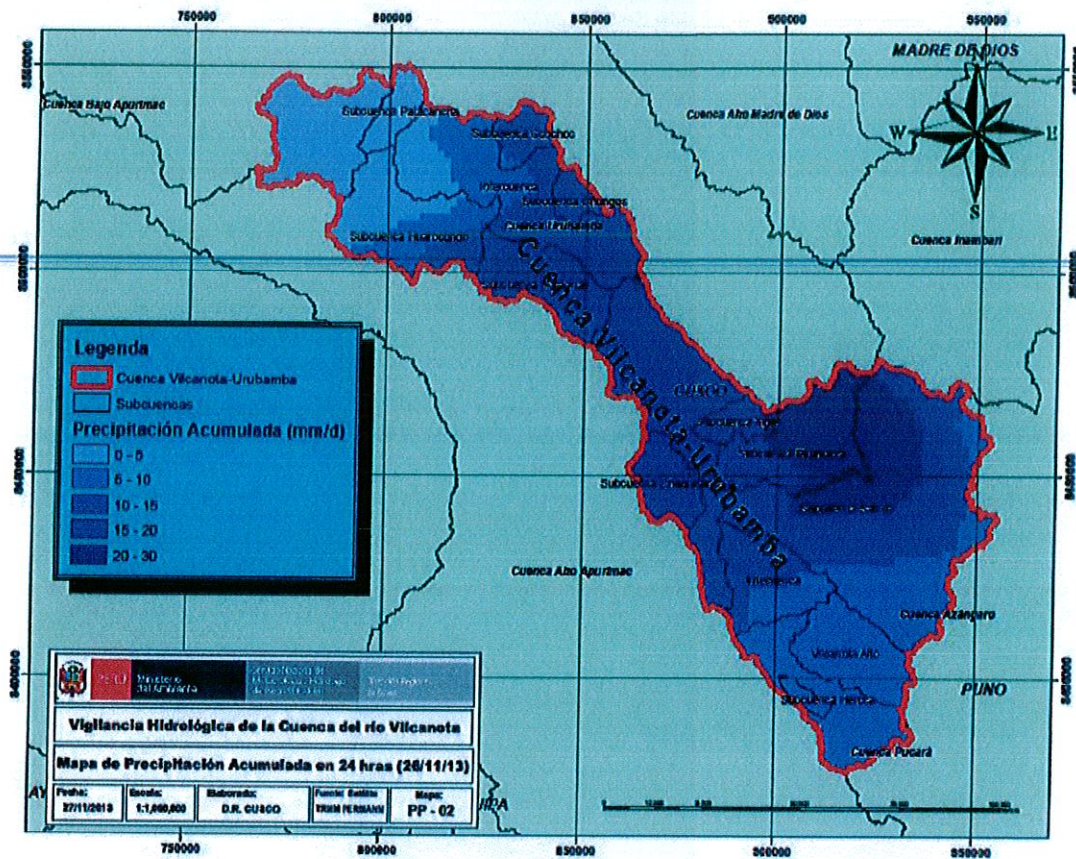
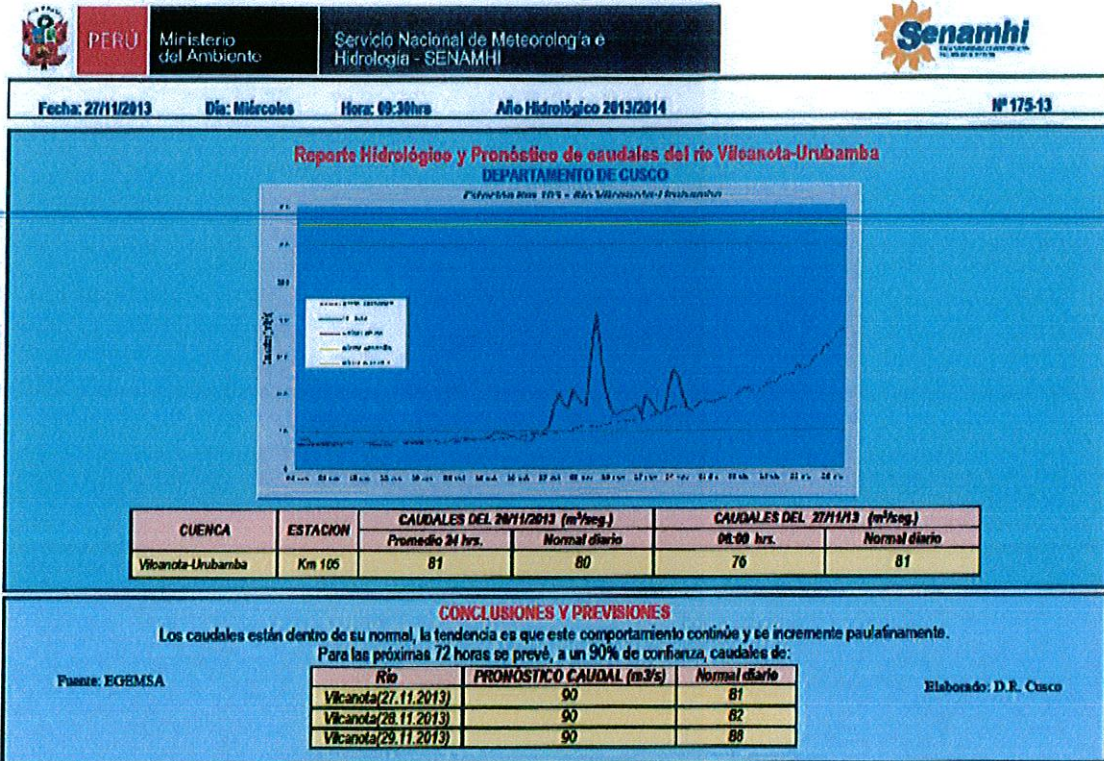


Figura 3: Mapa de Precipitaciones Acumuladas en 24 horas (28/11/13). Cuenca del río Vilcanota – Urubamba. SENAMHI



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU

Jr. Jose Santos Choazano G-18 Urb. Santa Mónica - Wanchaq - Cusco. Teléfax: 084-235481 RPM: 614724 Email: dr12-cusco@senamhi.gob.pe - www.senamhi.gob.pe

Figura 4: Reporte Hidrológico y Pronóstico de caudales del río Vilcanota - Urubamba

PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

MOVIMIENTO EN MASA

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA:GCA, 2007). Para la descripción de los movimientos en masa se ha tomado como base la clasificación de Varnes (1978, 1996) y la terminología sobre movimientos en masa en la región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007):

El poblado de Machupicchu se localiza en la desembocadura de las microcuencas de Aguas Calientes y Alcamayo, sobre un cono aluvial (cono de deyección) formado por los materiales depositados por aluviones y huaicos pre históricos e históricos (Foto 03). Este centro poblado es afectado constantemente por huaicos y aluviones de diferentes magnitudes, que descienden de ambas microcuencas. Estos eventos son detonados por intensas precipitaciones, estas inestabilizan las laderas originando derrumbes y/o avalanchas que represan el cauce, que al colapsar irrumpen en el cono deyección (donde se asienta el poblado) en forma de huaicos y/o aluviones. El inventario de los peligros geológicos cartografiados, se muestran en la Figura 5.

SISMOS:

De acuerdo al Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Alva Et Al-1984), en la zona del distrito de Machupicchu, 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. 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 (INDECI/PNUD, 2012).

El cálculo del riesgo sísmico se basa datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, además de la presencia de fallas activas y neotectónicas en la región. Estos deben ser procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para los periodos de retorno.

RIADAS:

Las riadas o avenidas (en algunos lugares se denomina también como crecidas) es la elevación del nivel de un curso de agua (río, quebrada) significativamente mayor que el flujo promedio de éste. Durante la crecida, el caudal de un curso de agua aumenta en tales proporciones, que el cauce del río puede resultar insuficiente para contenerlo (debido principalmente a la invasión antrópica de estos). Entonces el agua erosiona, desborda, e inunda recuperando su cauce mayor, también llamado llanura aluvial.

ANTECEDENTES:

Los antecedentes históricos de movimientos en masa (huaicos, aluviones, deslizamientos, derrumbes) que han afectado el distrito, datan desde el año 1946 hasta la actualidad, siendo los más importantes:

Aluvión: febrero de 1946:

Un deslizamiento produjo el represamiento del río Aguas Calientes a 2 Km. aguas arriba con respecto al pueblo, produciendo un embalse, el cual al romperse dio origen a un evento de grandes proporciones. Este aluvión no causó pérdidas de vidas humanas pero sí materiales, destruyendo puentes peatonales sobre el río Aguas Calientes, el puente de la línea férrea, un tramo de la carretera a Quillabamba aguas abajo, y suspendiendo el tránsito por 20 días, también dejó sin suministro eléctrico a la población, destruyendo parte de la minicentral hidroeléctrica. Como consecuencia del aluvión, se elevó el nivel del cauce del río, considerando que en esa época tenía una profundidad de 25 m. abajo con respecto al actual. Veinte días después se produjo otro aluvión pero de menor intensidad. En ese entonces, las casas eran provisionales y de madera, construidas en las laderas de los cerros.

Huaico: 1961:

En 1961 se presentó también un huayco de menor magnitud sin mayores consecuencias.

Aluvión: 5 de mayo de 1995:

El 5 de mayo de 1995 ocurrió otro aluvión a las 11:30 pm, empezó con un deslizamiento en la parte alta de la cuenca del río Aguas Calientes, produciendo un represamiento que seco el río aproximadamente por 2 horas. Al producirse la ruptura del dique se produjo un aluvión antecedido por un estruendoso ruido. Dicho aluvión fue casi paralelo a otro de menor magnitud en la microcuenca del Alcamayo. El aluvión obligó a la evacuación hacia las laderas de los cerros. Fueron destruidos los baños termales (Foto 8), 3 puentes incluyendo el puente de acceso a estos baños y 5 viviendas, resultando 10 familias afectadas. El nivel del cauce del río se elevó unos metros.

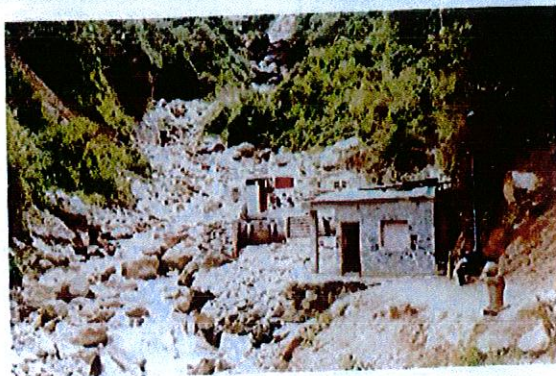


Foto 8: Se observa los baños termales, cuya infraestructura fue afectada por el aluvión de 1995 (Carlotto, 2007).

Aluvión: 22 de diciembre de 1997:

El 22 de diciembre de 1997 a las 22 horas, se produjo un evento similar al de 1995. Fue precedido de una lluvia de 5 horas de intensidad, a su paso destruyó el muro de contención de los baños termales y las edificaciones de los mismos, pero sin mayores consecuencias en vidas humanas.

Derrumbe: marzo 1998:

Se produjo un derrumbe que represo el río Calientes, su amenaza no fue trascendente. Foto 9

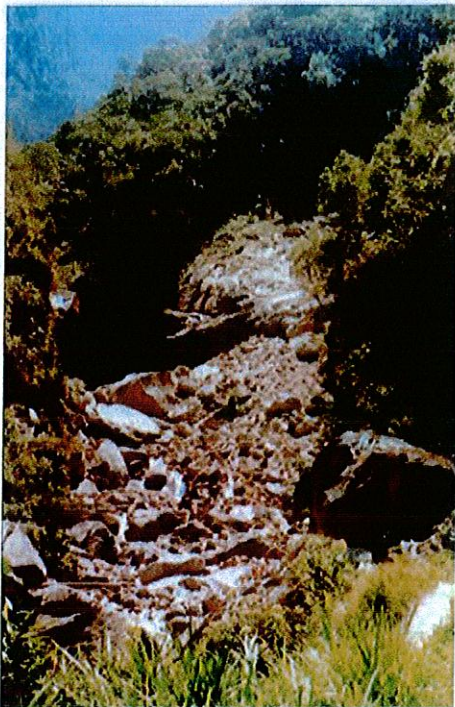


Foto 9: Derrumbe ocurrido el año 1998 en la quebrada Aguas Calientes, a 100 m de los baños termales.

Aluvión: 10 de abril de 2004:

En la madrugada del 10 de abril de 2004, entre la 1:40 y 3:00 horas, dos huaycos cayeron sobre el área del distrito de Machu Picchu: uno por la qda. Alcomayo sobre el sector Aguas Calientes y otro en el Km 101+000 de la vía ferroviaria Cuzco – Machu Picchu (sector Cedrobamba). Los huaycos se produjeron luego de intensas precipitaciones pluviales en un lapso de cuatro horas.

En la cuenca alta de la quebrada Alcomayo se produjo un derrumbe a las 5.00 pm del día anterior, que represo la quebrada provocando la disminución notoria de su caudal, la ruptura posterior de este represamiento origino el huayco.

Los huaycos provocaron el bloqueo y destrucción de la vía férrea, afectaron 20 casas y destruyeron otras seis viviendas, diez personas desaparecidas, un muerto y seis heridos.

Debido a este fenómeno natural, se suspendió el servicio turístico de trenes, por lo que cerca de 1,500 turistas, se encontraron aislados.

Este huayco ocurrido a la 1:00 am. fue catalogado como uno de los más fuertes que descendió por esta quebrada. Producto de las intensas precipitaciones pluviales que se incrementaron semanas antes del evento provocando un derrumbe en la parte alta de la Monaña Alcamayo a 3060 msnm., este en su descenso adoptó la forma de un flujo rápido debido a la pendiente que presenta la montaña hasta llegar al río Alcamayo, continuando su recorrido quebrada abajo hasta desembocar en el río Vilcanota, ocasionando desastres en el poblado mismo (Foto 10).



Foto 10: Daños provocados por el huayco del 10 de Abril del 2004, que descendió por la quebrada Alcamayo, destruyendo puentes, viviendas y ocasionando la pérdida de 11 vidas humanas (Carlotto et al., 2007).

Aluvión: 26 abril de 2007:

El 26 de abril del 2007, un deslizamiento en la quebrada de Aguas Calientes originó un represamiento cuyo desembalse produjo un nuevo aluvión. El flujo fue de pequeña magnitud pero afectó el 40% del sistema de captación de agua potable y los muros de contención del puente ubicado en el ingreso a los baños termales. No hubo pérdidas de vidas humanas, los habitantes y los turistas fueron evacuados rápidamente, pues funcionó el Sistema de Alerta Temprana que Defensa Civil y el Municipio habían instalado 2 meses antes. Pero que a la fecha ha dejado de utilizarse.

Derrumbe: 26 de abril de 2007:

Derrumbe que originó el aluvión de la misma fecha. Este se produjo en la quebrada La Leonera, margen derecha del río Aguas Calientes. El material derrumbado, compuesto de rocas de diámetros hasta 2 m, árboles y material de cobertura, formó un dique en el río Aguas Calientes represando sus aguas por un par de horas, finalizando en un huayco que descendió por el cauce de dicho río hasta el poblado de Machupicchu. La forma que presenta este derrumbe no es uniforme, llegando a presentar una longitud desde la corona hasta el río Aguas Calientes de 400 m aproximadamente y un ancho aproximado de 65 m (Foto 30).

Derrumbe: marzo de 2009:

Se ubica en la margen derecha del río Aguas Calientes, a 150 m. de los disipadores de energía construidos en la quebrada de dicho nombre; este derrumbe presenta las siguientes dimensiones: 50 m de longitud y ancho promedio de 15 m (Foto 29). Afectó parte del entubado de agua potable, dejando sin servicio básico por 2 días a una parte de la población de Machupicchu.

Deslizamiento: febrero de 2010

Este deslizamiento se ubica sobre la urbanización las Orquídeas, emplazada en la cabecera de la zona urbana de este sector. Afectó depósitos coluviales que forman parte de la ladera del cerro Entre Ríos (Foto 27), destruyendo 3 viviendas y poniendo en peligro el Wawawasi del poblado, construido el año 2005 (Delgado et al., 2010). Presenta una altura de 65 m y ancho de 90 m. Este deslizamiento es causado por la extracción de materiales de construcción al pie del talud. Actualmente el pie de este deslizamiento, se encuentra ocupado por viviendas.

Riada: 4 de febrero de 2010:

El año 2010 la región del Cusco tuvo un incremento excepcional de las precipitaciones pluviales, estas lluvias incrementaron el caudal de todos los ríos en la región, desembocando la mayoría en el río Urubamba que viene a ser el colector principal, llegando a incrementar hasta en un 50 % de su caudal normal

para el tiempo de lluvias, presentando un caudal de 900 m³/s, este incremento ocasiono la crecida o riada del río Vilcanota, provocando una serie de problemas a nivel regional: desbordes e inundaciones de los ríos afectando poblados enteros, destruyendo terrenos de cultivo y viviendas como se observó en todo el Valle Sagrado de los Incas.

Machupicchu Pueblo no fue una excepción, debido al incremento de las lluvias y al aumento del caudal del río Urubamba; entre los días del 24 al 27 de enero del 2010, se presenciaron una serie de acontecimientos en el pueblo, producto de la erosión que genero el río Urubamba en la margen derecha, ocasionando el colapso de parte de la línea férrea a la entrada del poblado, la destrucción de 10 viviendas y debilitando las bases de los hoteles construidos en pleno cauce del río, también destruyo el malecón del poblado y socavo 150 m de la vía carrozable que une con la Ciudad Inca de Machupicchu (Delgado et al., 2010).

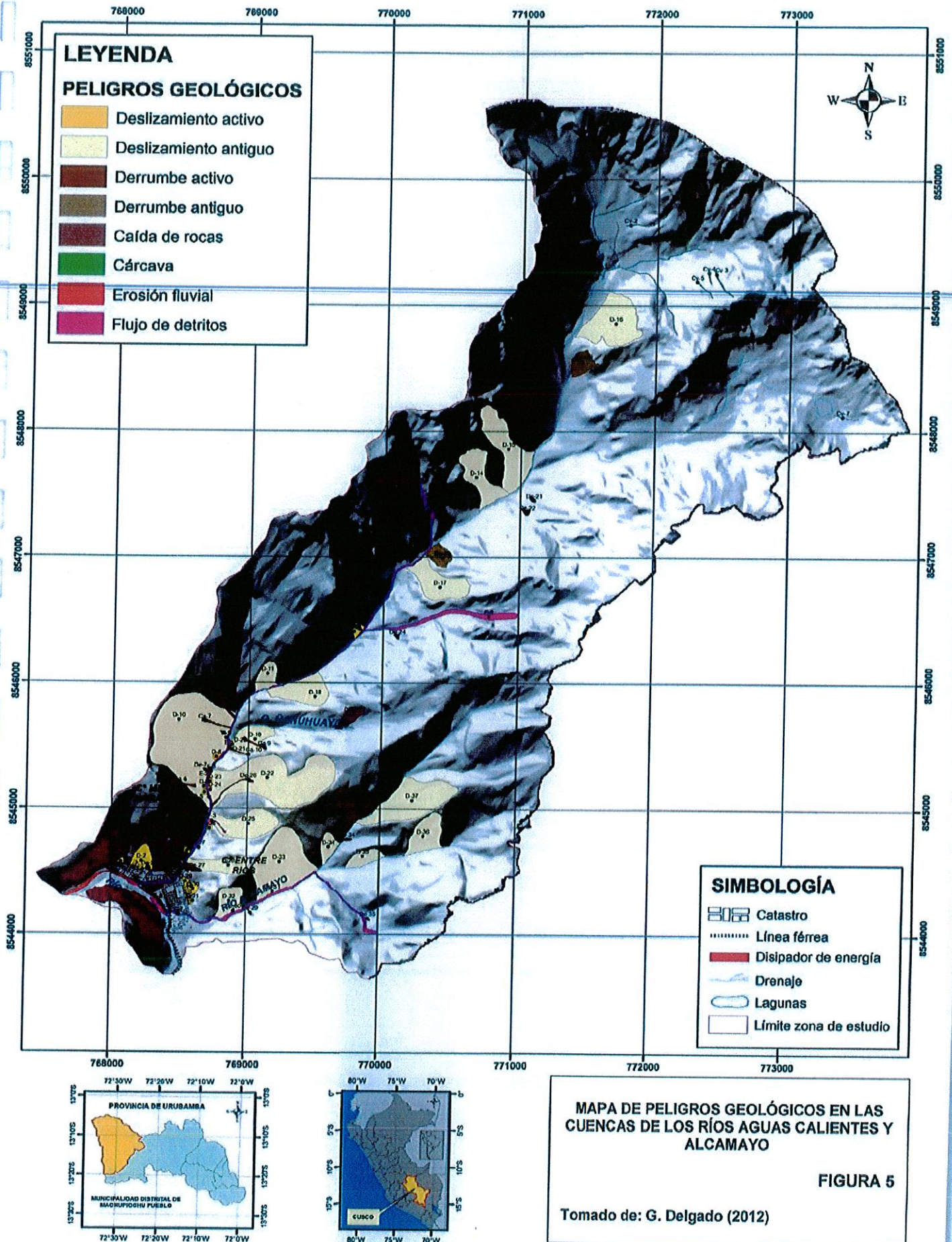
Este evento dejo varados a miles de turistas por varias semanas y dejo incomunicado al poblado de Machupicchu por cuatro meses. El evento, puso en evidencia la situación de alto riesgo del distrito; incrementado en los últimos años por la invasión del cauce del río Vilcanota (margen derecha); así como cauces y conos deyectivos de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo. Ver Fotos 11 y 12.



Foto 11: Se observa el gran caudal del río Vilcanota debido al incremento de las lluvias en la región. (Fuente: Municipalidad Distrital de Machupicchu 2010).



Foto 12: Viviendas destruidas por la erosión del río Vilcanota, luego del incremento de las precipitaciones pluviales y el posterior aumento del caudal (Delgado 2010).



ZONAS CON RIESGO A INUNDACIÓN Y EROSION

Se ha identificación de puntos críticos con riesgo a inundación y erosión:

En el sector Kilometro: 110 + 000 del Tren

Coordenadas: 0769923 E y 8543004 N

Se observa que el flujo del río Vilcanota viene afectando a la margen derecha en una longitud de aproximadamente 200 metros, debiéndose priorizar la construcción de una defensa ribereña a través de un Proyecto de Inversión Publica-PIP.

La defensa ribereña que debería proyectarse seria del tipo dique enrocado, complementándose con vegetación de defensas vivas a fin de darle una mayor consolidación, a esta obra se debería ejecutar entre los meses de abril a octubre. Ver Foto 13

Se recomienda no retirar las rocas del cauce debido a que estas se vienen comportando como cuerpos que amortiguan la velocidad del flujo del río Urubamba.

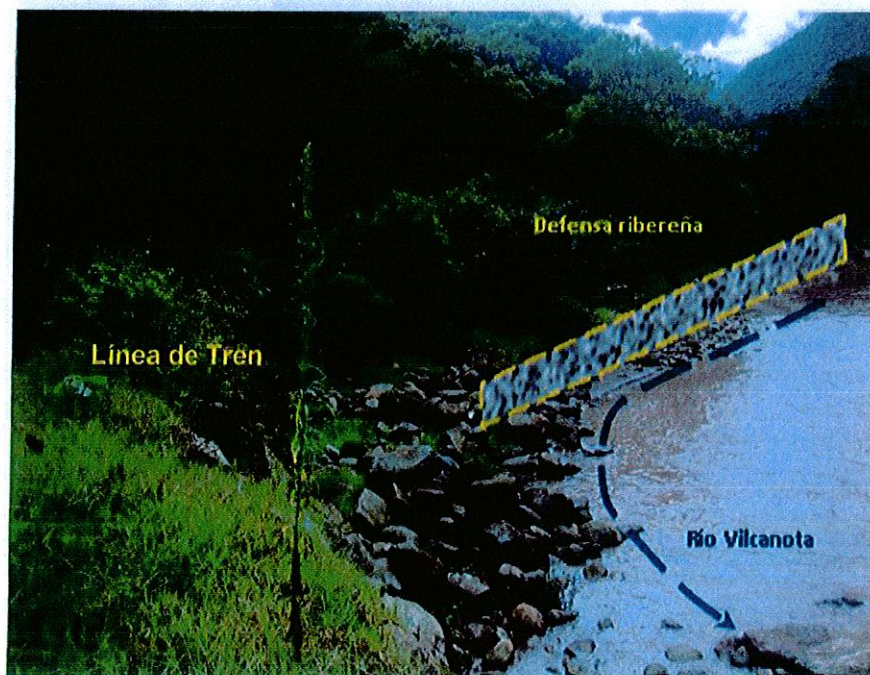


Foto 13: Defensas rivereñas recomendadas en el sector Km 110+000

En el sector Sumao

Coordenadas:

0768195 E 0768045 E
8544443 N 8544518 N

Se observa que el cauce del río presenta una fuerte pendiente con abundante rocas de gran tamaño que amortiguan la velocidad del flujo del río Vilcanota.

Se observa que las rocas de gran tamaño que naturalmente se han depositado en la margen derecha del río Vilcanota y que en este momento vienen protegiendo las viviendas instaladas en este sector, presentan varias perforaciones de barrenos y que aparentemente lo han querido retirar con voladuras. Ver Foto 14

Se recomienda que las rocas que presentan las perforaciones en la margen derecha no sean retiradas debido a que si esto sucedería expondría a un alto riesgo a las viviendas de la margen derecha.

Asimismo, se debería proyectar la construcción de 300 metros de un dique enrocado que protegería a las viviendas de la margen derecha. Ver Foto 15.

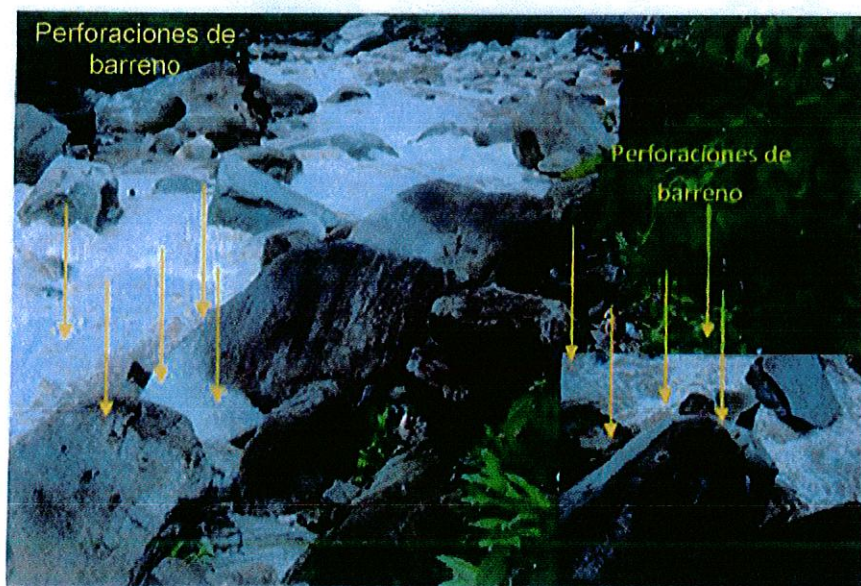


Foto 14: rocas perforadas cerca de la margen derecha del río



Foto 15: Defensas rivereñas recomendadas en el sector Sumao

En el recorrido por realizado se ha observado lo siguiente:

- No se observa señalizada las zonas de evacuación y las zonas con riesgo a caída de huaycos, erosiones e inundaciones.
- No se observa las señalizaciones de zonas de riesgo identificadas por el INDECI(2012).
- La Municipalidad cuenta con una excavadora hidráulica que se encuentra ejecutando trabajos.
- Se debería realizar un estudio hidráulico fluvial del río, donde mediante simulaciones se debería determinar el eje del río, ancho estable y la delimitación de la faja marginal.
- El gobierno regional de Cusco viene evaluando el Proyecto de Inversión Publica "Instalación de los servicios de protección en los ríos Vilcanota, Aguas Calientes y Alcamayo, distrito de Machupichu, provincia de Urubamba, departamento de Cusco", con código N° 194150, que asciende a un monto de S/. 39'248,890.00 de nuevos soles, donde considera la construcción de defensas ribereñas.

INSPECCIÓN ZONAS CRÍTICAS (21 DE NOVIEMBRE DE 2012)

Se visitaron, inspeccionaron y evaluaron las siguientes zonas críticas:

1. **Puente Pantigoso:** Ubicado sobre el río Aguas Calientes, justo en el sector de cambio de dirección del río (SO – EO). La situación del puente aunada al estrangulamiento del cauce por la construcción de viviendas hacen que este sector sea crítico.
2. **Puente Presidente:** Sector crítico por estrangulamiento del cauce (viviendas y negocios).
3. **Desembocadura río Aguas Calientes:** Sector crítico por huaicos y aluviones provenientes del río Aguas calientes; así como erosión y desbordes del río Vilcanota (margen derecha). Hoteles, restaurantes y viviendas han invadido el cauce del río Vilcanota y/o ubicadas de frente al huaico del río Vilcanota. En riesgo: infraestructura vial (línea férrea, carretera), viviendas, restaurantes, hoteles. Ver Foto 16.

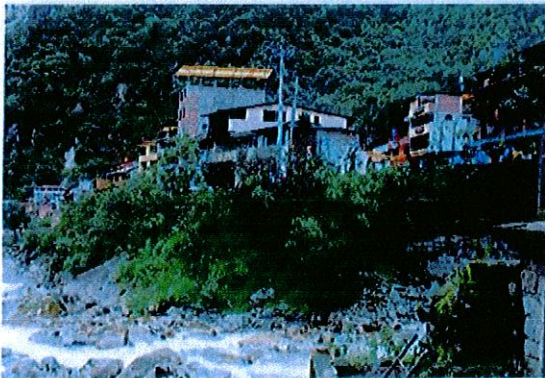


Foto 16: Margen derecha de la desembocadura del río Aguas Calientes al río Vilcanota. La ocupación antrópica del cauce es muy significativa

4. **Desembocadura río Alcamayo:** Estrangulamiento del cauce por viviendas y obras de infraestructura vial. En riesgo: línea férrea, infraestructura hotelera. Ver Foto 17:

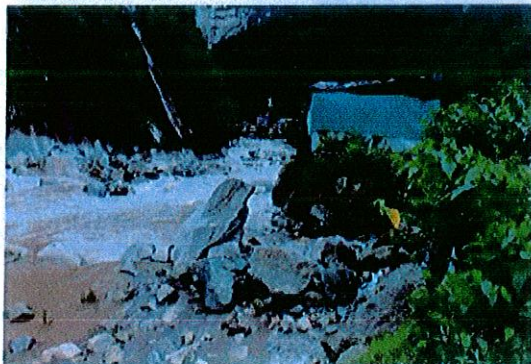


Foto 17: Margen derecha de la desembocadura del río Alcamayo al río Vilcanota. La ocupación antrópica del cauce es muy significativa y crítica.

5. Sector Crítico K 110 – Desembocadura río Alcamayo (En el sector Kilometro: 110 del Tren): erosión fluvial en la margen derecha del río Vilcanota. Afecta línea férrea. Ver Foto 18.



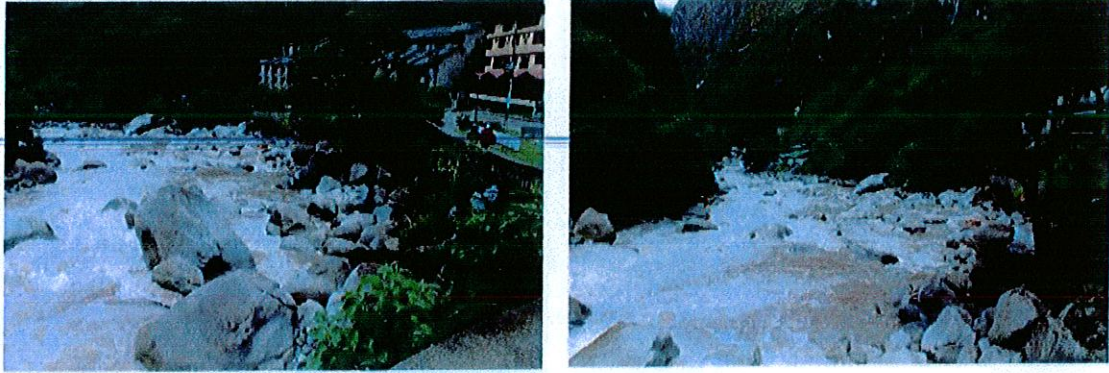
Foto 18: Margen derecha del río Vilcanota, sector crítico por inundación y desborde.

6. Sector Crítico Margen derecha río Vilcanota. Sector río Alcamayo – río aguas Calientes (Sector Sumao): Considerada como Zona de Muy Alto Riesgo No Mitigable, por desborde, inundación y erosión por acción del río Vilcanota; y huaicos provenientes de los ríos Alcamayo y Aguas Calientes. Fotos 19 al 21.



Fotos 19, 20 y 21: Secuencia del sector más crítico del distrito.

7. Sector Crítico sector final de la avenida Hermanos Ayar: sector crítico por erosión y desborde del río Vilcanota en épocas de lluvias excepcionales. Ver Fotos 22 y 23.



Fotos 22 y 23: La dinámica fluvial puede comprometer este sector en caso de avenidas extraordinarias.

CONCLUSIONES

1. La historia geológica nos muestra que los conos de deyección de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, son producto de la acumulación de materiales de antiguos flujos de detritos (huaycos y aluviones) que descendieron por estos. Procesos que se repiten debido a la dinámica del área.
2. El aluvión del 10 de abril de 2004, debido a la activación de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo, puso en evidencia la fragilidad y el alto riesgo del distrito ~~de Machupicchu ante eventos de movimientos en masa que puedan ocurrir en las cuencas altas y medias de los ríos mencionados.~~
3. El evento (riada – crecida del río Vilcanota de febrero de 2010), puso en evidencia la situación de alto riesgo del distrito; incrementado en los últimos años por la invasión del cauce del río Vilcanota (margen derecha); así como cauces y conos deyección de los ríos Aguas Calientes y Alcamayo.
4. La ocurrencia de derrumbes, avalanchas y desprendimientos de rocas es notoria en el área. Sólo hay que observar los grandes bloques de rocas en el cauce del río, en las laderas; así como las cicatrices de desprendimientos de rocas en las laderas altas de los cerros, que evidencia de la intensa actividad sísmica y/o precipitaciones pluviales excepcionales.
5. Como se evidencia en el estudio de INDEC/PNUD (2012) y en las observaciones de campo de la inspección realizada, los inmuebles (restaurantes, hoteles, viviendas y centros comerciales) ubicados en la margen derecha del río Vilcanota, ente el río Alcamayo y el río Aguas Calientes se ubican en zonas de Muy Alto Riesgo, estando en Peligro Inminente y corresponde a una Zona de Muy Alto Riesgo No Mitigable, por desborde, inundación y erosión por acción del río Vilcanota; y huaicos provenientes de los ríos Alcamayo y Aguas Calientes.
6. Así mismo el sector comprendido al finalizar la Av. Hermanos Ayar (al este del distrito margen derecha del río Vilcanota), donde el río Vilcanota cambia de curso de NO a SO; corresponde a una Zona de Alto Riesgo y Peligro Inminente por desborde, erosión e inundación por acción de la dinámica fluvial del río Vilcanota en épocas de avenidas extraordinarias.
7. Los caudales máximos sucedidos en los últimos 13 años **son superiores a 168m³/s para el mes de Diciembre, lo cual significa que es riesgoso para cualquier trabajo de obra en la zona marginal del cauce del río.**
8. Se requiere la construcción de defensas ribereñas en la margen derecha a fin de proteger las viviendas de la población y la línea férrea.

9. Se observa que las rocas de gran tamaño que naturalmente se han depositado en la margen derecha del río Vilcanota vienen protegiendo las viviendas instaladas en este sector, sin embargo presentan varias perforaciones de barrenos, que demuestra que las han querido retirar con voladuras.
10. El gobierno regional de Cusco, viene formulando un Proyecto de Inversión Pública "Instalación de los servicios de protección en los ríos Vilcanota, Aguas Calientes y Alcamayo, distrito de Machupichu, provincia de Urubamba, departamento de Cusco", que asciende a un monto de S/. 39'248,890.00 de nuevos soles.
11. No se cuenta con la señalización de las zonas de evacuación y las zonas de riesgo ante la caída de huaycos, erosiones e inundaciones.
12. La Municipalidad de Machupichu, debería coordinar con la Municipalidad Provincial de Urubamba y gobierno regional a fin que solicite el apoyo de combustible y sacos de arena.
13. No se cuenta con un Sistema de Alerta Temprano Operativo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Municipalidad de Machupichu, coordinar con el gobierno regional de Cusco, a fin que se viabilicen y financien el Proyecto de Inversión Pública "Instalación de los servicios de protección en los ríos Vilcanota, Aguas Calientes y Alcamayo, distrito de Machupichu, provincia de Urubamba, departamento de Cusco", que asciende a un monto de S/. 39'248,890.00 de nuevos soles.
2. Se deberá implementar urgente un Sistema de Alerta temprana con la participación de toda la población del distrito.
3. Se debe señalar las zonas de evacuación para la población y las zonas de riesgo identificadas en la inspección.
4. Se recomienda desarrollar simulacros ante la posible caída de huaycos, erosiones e inundaciones, a fin de concientizar a la población.
5. No retirar las rocas de gran tamaño que se encuentran en la margen derecha, las cuales vienen protegiendo las viviendas de la población.
En el caso de las rocas que se encuentren en la otra margen y vienen desviando el flujo del agua hacia la margen derecha deben ser retirados y utilizados para la construcción de defensas ribereñas.
6. Se debería contar con maquinaria pesada en alerta entre los meses de diciembre a marzo a fin que puedan participar ante cualquier fenómeno hidrometeorológico que se pudiera producir en esta temporada.
7. Se debería realizar un estudio hidráulico fluvial del río, donde se debe determinar: simulación hidráulica, caudales, eje del río, ancho estable y delimitación de la faja marginal.
8. El gobierno local debe contar con una cantidad adecuada de sacos terreros, los cuales una parte deberán ser colocados en las zonas de riesgo y otra cantidad almacenadas a fin utilizarlos ante una emergencia.
9. Es necesario reforzar los sistemas de recolección de datos hidrometeorológicos tanto en las micro cuencas Aguas Calientes y Alcamayo, como en la cuenca alta del río Urubamba; a fin de definir parámetros adecuados para el Sistema de Alerta Temprana a definir.
10. Se debe dar un mantenimiento constante a las obras hidráulicas, ya que no basta con construir canalizaciones y defensas, sino que estas deben mantenerse en óptimo estado para que puedan cumplir la función para la cual fueron diseñadas y construidas.

11. En el crecimiento de una población es necesario que impere el orden y se efectúen obras de acuerdo a estudios bien desarrollados por especialistas en peligros geológicos, arquitectura, ingeniería sanitaria, obras civiles, y ordenamiento territorial.
12. En el marco de la Ley Nro. 29869, recomendamos a las autoridades e instituciones competentes, el reasentamiento poblacional de las viviendas y centros comerciales ubicados en las zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable.
13. Es importante considerar la posibilidad del traslado de maquinaria pesada del Ministerio de Vivienda como plan de contingencia.



Ing. Oscar Darío Vargas Cerón



.....
LIONEL FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

APAZA D. (2000). Estudio geológico, geodinámico y riesgos, cuenca de Aguas Calientes-Machupicchu. Programa Machupicchu Tomo III Hidrología e Hidrogeología, 33 p.

CARLOTTO V, CARLIER G, CARDENAS J, GIL W, CHAVEZ R (1996). The Red Beds of San Jerónimo Group (Cuzco-Perú) Marker of the Inca 1 Tectonic Event. International Symposium on Andean Geodynamics, Saint-Malo. ORSTOM ed.

CARLOTTO, V., CÁRDENAS, J., ROMERO, D., VALDIVIA, W. TINTAYA, D. (1999). Geología de los Cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. Hojas 26-q y 27-q, INGEMMET, Bol. 127, Serie A, Lima-Perú, 317p.

CARLOTTO V; CÁRDENAS J; FIDEL L (2007). La geología en la conservación de Machupicchu. INGEMMET. Boletín. Serie I: Patrimonio y Geoturismo, n. 1, 305 p.

CARREÑO & KALAFATOVICH (2006). The Alcamayo and Cedrobamba catastrophic debris flow (January, March and April 2004) in Machupicchu area-Peru. Landslides 3: 79-83.

DELGADO, F.; CÁRDENAS, J.; TITO, V.; CONCHA, R.; ASTETE, I. & GARCÍA, B. (2010) Evaluación geodinámica en el tramo Leonera Baja-Machupicchu Pueblo, Cusco. Resúmenes extendidos XV Congreso Peruano de Geología. 4 p.

EGELER C & DE BOOY T. (1961). Preliminary note on the geology of the Cordillera Vilcabamba (SE Peru), with emphasis on the essentially pre Andean origin of the structure. Geol. En Mijnb. 40, p. 319-325.

FIDEL L. (2006). Estudio de Riesgos del Perú, Franja N°4, INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 29, 383 p.

INDECI/PNUD, 2013. Mapas de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres. Ciudad de Machupicchu.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MACHUPICCHU, Archivo Fotográfico.

PMA: GCA, 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, Canadá, 404 p.

SENAMHI, 2013. Informe Técnico: Comportamiento Hidrológico de la cuenca del río Vilcanota. J. Sosa.

VARNES, D.J. (1978), Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9-33.