



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Año del diálogo y la Reconciliación Nacional"

MINISTERIO DEL AMBIENTE

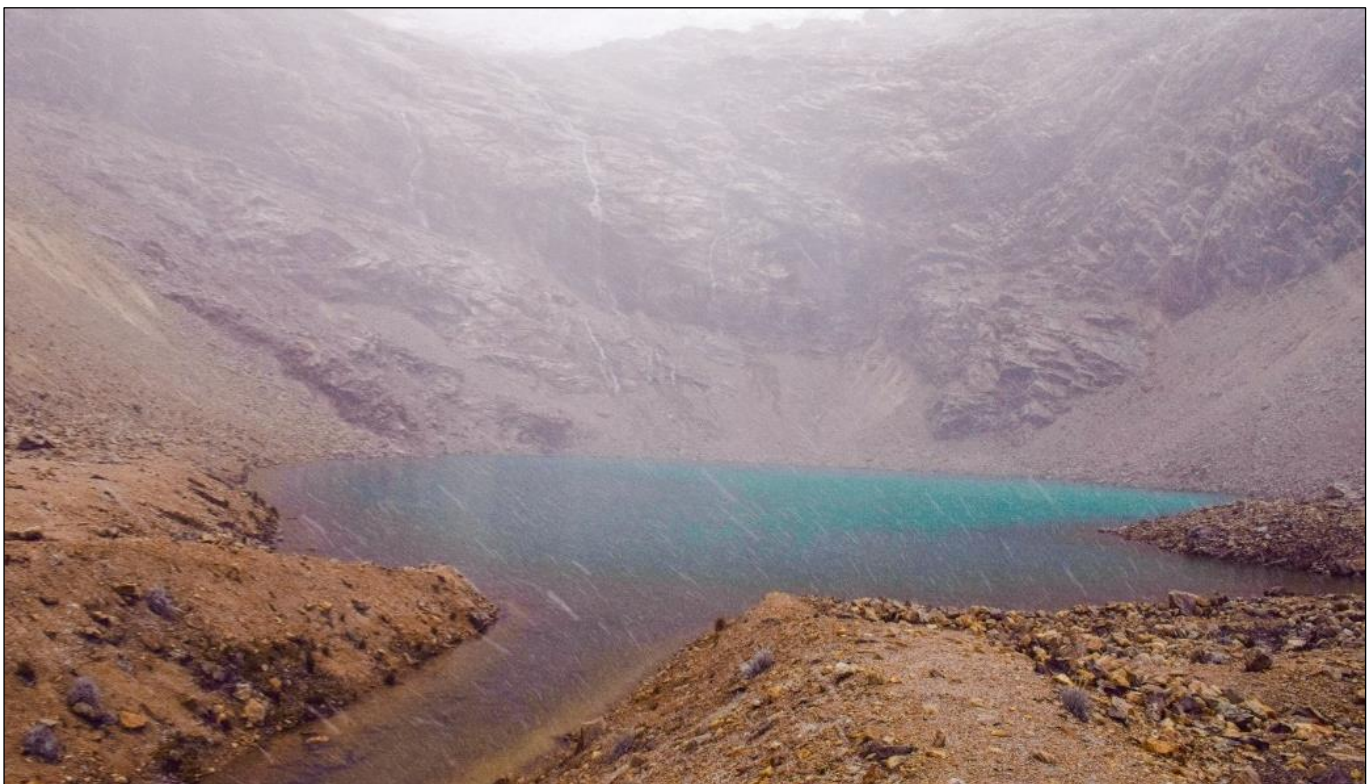
**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE
MONTAÑA – INAIGEM**

**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES
SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A GLACIARES**

INFORME TÉCNICO N°015-2018-INAIGEM/DIG-SDRAG

*INFORME DE EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE
SEGURIDAD Y ENTORNO DE LA LAGUNA*

LLULLACOCHA



Laguna Lullacocha, Huaylas, Ancash.

Elaborado por:

Ing. Adriana Caballero Bedriñana

Bach. Hilbert Villafane Gómez

Huaraz, agosto de 2018



CONTENIDO

- 1. INTRODUCCIÓN 3
- 2. OBJETIVOS 3
- 3. GENERALIDADES..... 4
 - 3.1. Ubicación 4
 - 3.2. Accesibilidad 5
 - 3.3. Antecedentes..... 5
- 4. METODOLOGÍA:..... 5
 - 4.1. Etapa de Campo: 5
 - 4.2. Etapa de Gabinete:..... 6
- 5. RESULTADOS..... 6
 - 5.1. Laguna Llullacocha 6
 - 5.2. Glaciares..... 6
 - 5.3. Geotecnia..... 6
 - 5.4. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:..... 7
 - 5.4.1. Depósito Glaciárico Lateral Derecho:..... 7
 - 5.4.2. Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo: 7
 - 5.4.3. Depósito Glaciárico Frontal:..... 8
 - 5.5. Obras de Seguridad:..... 8
 - 5.6. Aforo de Caudales..... 9
 - 5.7. Calidad del Agua 9
 - 5.8. Condiciones de Estabilidad de la Laguna y su Entorno..... 10
- 6. CONCLUSIONES 10
- 7. RECOMENDACIONES 10



1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Investigación en Glaciares del INAIGEM, mediante la Sub dirección de Riesgos Asociados a Glaciares (SDRAG), tiene como parte de sus actividades programadas en el Presupuesto Operativo Institucional 2018 (POI-2018), la *"Evaluación del estado actual de las obras de seguridad y las condiciones geológicas, geotécnicas y glaciológicas de las lagunas: Safuna Alta, Safuna Baja, Pucacocha, Quitaracsa, Lullacocha y su entorno"*, en razón de que se encuentran ubicadas en la sub cuenca Quitaracsa, y el desemboque de sus aguas atraviesa zonas pobladas y la Central Hidroeléctrica de Quitaracsa, provincia de Huaylas, en ese sentido, un eventual aluvión afectaría a dichas zonas pobladas y la costosa infraestructura que representa una central hidroeléctrica, como la de Quitaracsa, generando tanto pérdidas de vidas humanas, como cuantiosas pérdidas económicas.

Es de precisar que, siendo los sismos fenómenos naturales causados por movimientos de las fallas geológicas en la corteza terrestre; estos producen ondas de diferentes tipos y de gran poder, las cuales viajan a través de las rocas; pudiendo activar deslizamientos de tierra. En caso de sismo, se genera un triple efecto: de aumento del esfuerzo cortante, disminución de la resistencia por incremento de la presión de poros y deformación, asociados con la onda sísmica; pudiéndose generar la falla al cortante y/o hasta la licuación en el caso de los suelos granulares saturados, que podría suceder en el caso de las morrenas que albergan a las lagunas de origen glaciar.

En ese contexto, es de precisar que previo a la inspección de campo realizada a la laguna Lullacocha, se recopiló información documentaria de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, la misma que sirvió como referencia de las obras existentes, las cuales fueron constatadas in situ.

En la investigación de campo, realizada entre los días 24 y 25 de agosto de 2018, se identificó que la laguna Lullacocha cuenta con obras de seguridad, constituidas por: una presa de tierra protegida con emboquillado de piedra, un canal de ingreso, un conducto cerrado y un canal de salida; dichas estructuras habrían sido construidas en la década de 1960 y a la fecha, pese a haber transcurrido más de 50 años, aún se encuentran en funcionamiento, no obstante requieren de trabajos de mantenimiento, necesarios para prolongar su periodo de vida útil, y de esta manera siga evacuando las aguas de la laguna y manteniendo un nivel equilibrado del espejo de agua.

En ese sentido, se realizó la evaluación preliminar geotécnica de los depósitos glaciarios adyacentes que componen el vaso de almacenamiento de la laguna, así como la identificación de glaciares peligrosos; identificándose si dicha laguna representa un peligro para la población.

2. OBJETIVOS

Determinar el estado actual de la obra de seguridad y la estabilidad del entorno que pueda generar peligro a la laguna y consecuentemente a las poblaciones asentadas aguas abajo.

3. GENERALIDADES

3.1. Ubicación

La laguna Llullacocha, se ubica en la cabecera de la quebrada Tayapampa (tributario de la Subcuenca del río Quitaracsa), al pie del glaciar Tayapampa y Jankarurish, en la cuenca del Río Santa, Vertiente Occidental de la Cordillera Blanca (Figura N.º 01),

Geográfica:

Referencia: centroide de la laguna¹

Coordenadas Norte	:	9 020 049,00
Coordenadas Este	:	209 330,00
Zona	:	18 S
UTM Datum	:	WGS'84
Cota	:	4 735 m s.n.m.

Política:

Distrito	:	Yuracmarca
Provincia	:	Huaylas
Departamento	:	Ancash

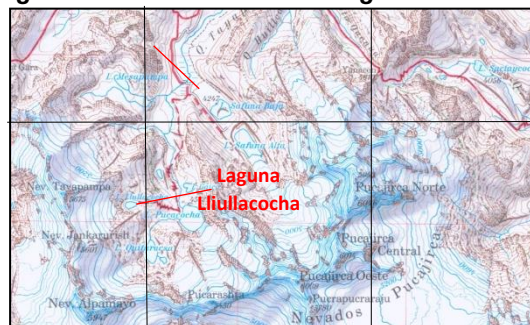
Hidrográfica:

Microcuenca	:	Tayapampa
Sub cuenca	:	Río Quitaracsa
Cuenca	:	Río Santa
Vertiente	:	Pacífico

Criogenia:

Cordillera Glaciar	:	Blanca
Zona	:	Norte

Figura N.º 01: Ubicación de la laguna Llullacocha



3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza desde la ciudad de Huaraz - Carhuaz (31,6 Km) por carretera asfaltada, Carhuaz – Punta Olímpica (55,0 Km) carretera asfaltada, continuando por la misma vía, hasta la ciudad de Chacas (32,0 Km), se continua hasta la ciudad de San Luis (10,0 Km) por una vía afirmada, luego hasta la ciudad de Pomabamba (66,6 Km), a partir de donde se toma la vía hacia Palo Seco y luego hasta la Laguna Safuna (45,0 Km), para luego tomar un camino de herradura de 5,00 km hasta la laguna Llullacocha (Ver Tabla N° 01).

Tabla N° 01. Acceso a la laguna Llullacocha

RUTA	VÍA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (horas)	MEDIO
Huaraz - Carhuaz.	Asfaltada	31,6	0:45	Camioneta 4x4
Carhuaz – Punta Olímpica	Asfaltada	55,0	1:50	Camioneta 4x4
Punta Olímpica –Chacas	Asfaltada	32,0	0:30	Camioneta 4x4
Chacas – San Luis	Afirmada	10,0	0:20	Camioneta 4x4
San Luis - Pomabamba	Afirmada	66,6	3:00	Camioneta 4x4
Pomabamba – Palo Seco – Safuna baja.	Afirmada	45,0	2:00	Camioneta 4x4
Safuna baja - Lliullacocha	Camino de herradura	5,0	3:30	Caminando
		245,2		

INAIGEM, octubre 2018

3.3. Antecedentes

La Corporación Peruana del Santa, como medida de seguridad, habría realizado un tajo abierto en la morrena frontal de la laguna Llullacocha (año 1979), logrando rebajar el nivel de espejo de agua en 5 m. (de 4 740 a 4 735 m s.n.m).

4. METODOLOGÍA:

4.1. Etapa de Campo:

- Verificación in situ de lugar de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Llullacocha; determinándose su ubicación, características físicas y daños existentes en las mismas; asimismo, caracterización geotécnica del entorno; así como de determinación de la existencia de glaciares colgados. Para dicho fin, se hizo uso de un GPS, una wincha, picotas de geólogo, binoculares, cámara fotográfica y bolsas para muestras.
- Es de precisar que, en la laguna Llullacocha se obtuvieron muestras representativas de suelos, a fin de poder caracterizar los suelos y así determinar su competencia para la estabilidad.

4.2. Etapa de Gabinete:

- Análisis de los datos técnicos de los documentos que sustentan las características de las obras de seguridad que se emplazan en la laguna Llullacocha, en contraste con la información obtenida in situ.
- Evaluación del estado de las obras de seguridad, y determinación del probable comportamiento frente a las condiciones actuales de la laguna y su entorno.

5. RESULTADOS

5.1. Laguna Llullacocha

Esta Laguna se localiza a una altitud de 4 735 m s.n.m; en la cabecera de la quebrada Tayapampa, subcuenca del río Quitarcasa, al pie de los glaciares Tayapampa y Jankarurish; este espacio constituye un valle interandino de relieve topográfico ondulado y muy accidentado, con zonas de pendiente moderada. (Ver Fotografía N.º 01).

Fotografía N.º 01. Vista Panorámica de la Laguna Llullacocha



Fuente: INAIGEM 2018

5.2. Glaciares

La masa glaciaria de los nevados Tayapampa y Jankarurish, no poseen línea de contacto con la laguna Llullacocha, encontrándose los glaciares muy retirados de la laguna. Siendo importante precisar que, evidencia del acelerado proceso de ablación y retroceso, situación que no pone en riesgo la estabilidad del vaso de la laguna y de las obras de seguridad existentes, y por ende a las poblaciones asentadas aguas abajo.

5.3. Geotecnia

La investigación geotécnica preliminar realizada en el entorno de la laguna Llullacocha, comprende la determinación de las características físicas de los depósitos glaciáricos adyacentes a la laguna y a las obras emplazadas en la misma, tomadas de muestras representativas; a fin de determinar la competencia de dichos depósitos para la estabilidad de taludes, y el peligro que representan para la estabilidad de la laguna y de las obras emplazadas en ella. En síntesis, se obtuvieron (5) muestras representativas en la morrena frontal y morrenas laterales de la laguna, las cuales permitieron caracterizar el entorno de la laguna; identificándose que los depósitos glaciáricos de la laguna Llullacocha, están

compuestos por material grueso, arenas limosas con presencia de bloques; visualizándose de media a baja cohesión entre sus partículas, por tanto suelos altamente compresibles de baja capacidad de soporte, sujeto a fenómenos de colapso y licuación.

5.4. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:

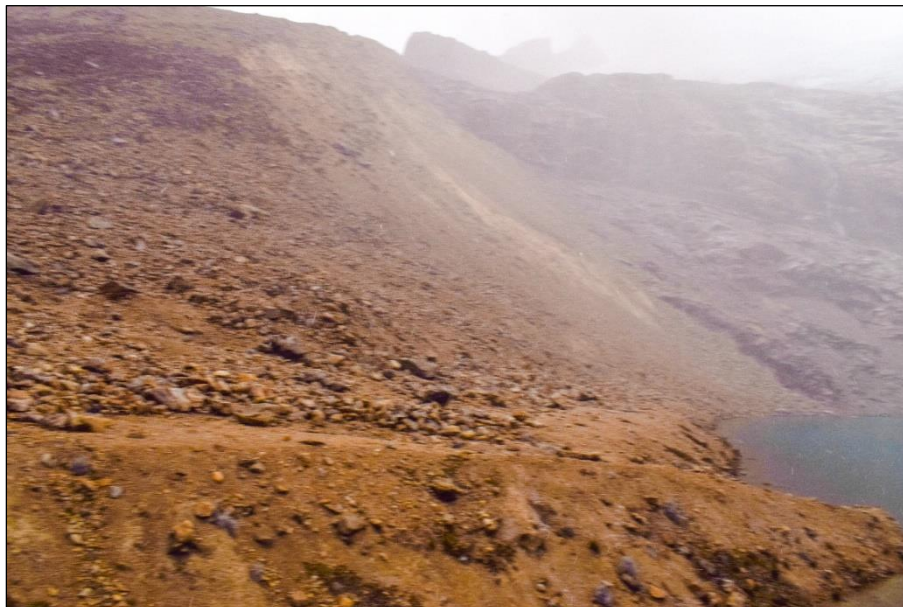
La laguna Llullacocha, es un cuerpo de agua, cuyo vaso de almacenamiento está formado, lateral y frontalmente por depósitos glaciáricos y la zona anterior por macizo rocoso y material detrítico depositado.

En los depósitos glaciáricos del entorno de la laguna Llullacocha, se identificó la presencia de conglomerados de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, observándose en una compacidad media, con escasa presencia de vegetación.

5.4.1. Depósito Glaciárico Lateral Derecho:

Se identifica un talud medio con ángulo de inclinación promedio de 35°, escasa cobertura vegetal. Cabe destacar que, se visualiza el depósito de material detrítico sobre su superficie (parte media del talud) y bloques en la parte baja del mismo. (Ver Fotografía N.º 02).

Fotografía N.º 02. Vistas del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna Llullacocha

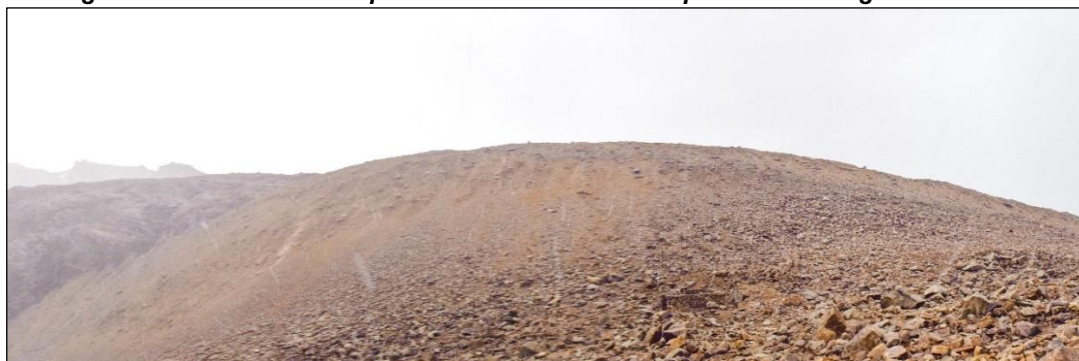


Fuente: INAIGEM 2018

5.4.2. Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo:

Se identifica un talud elevado, con mayor ángulo de inclinación (45°), respecto del depósito glaciárico derecho, en el cual se visualiza el afloramiento rocoso en la parte superior y en la parte media e inferior depósitos glaciáricos, compuesto de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, observándose además material depositado de media ladera hacia la base.

Fotografía N.° 03. Vista del Depósito Glaciárico Lateral izquierdo de la Laguna Llullacocha



Fuente: INAIGEM 2018

5.4.3. Depósito Glaciárico Frontal:

La zona frontal del vaso almacenamiento de la laguna está formada por un depósito glaciárico con una apariencia de material poco consolidado, visualizándose la presencia de arenas, limos y gravas, conformadas en un talud de poca pendiente (de 10° a 15°).

Fotografía N° 04. Se visualiza la composición del material del depósito glaciárico frontal, de la laguna Llullacocha.



Fuente: INAIGEM 2018

5.5. Obras de Seguridad:

En la inspección realizada en agosto de 2018 a la laguna Llullacocha, se identificó que, posee una obra de seguridad que comprende un canal a tajo abierto de 100 m de longitud, de un ancho promedio de 1,20 m, el cual permite la descarga de la laguna mediante rebose.

Fotografía N° 05. Canal de Descarga de la Laguna Llullacocha.

Fuente: INAIGEM 2018

Las condiciones en que se encuentra la estructura descrita, son regulares, no obstante, resulta necesario el revestimiento del canal, para el logro de una mejor eficiencia hidráulica, y ello posibilite el mantenimiento periódico de dicha estructura,

5.6. Aforo de Caudales

La laguna Llullacocha es alimentada por precipitación pluvial y por fusión glaciár, con una descarga estimada en 81 Lt/seg, la cual fue medida el 24 de agosto de 2018, usando el método del correntómetro.

5.7. Calidad del Agua

De otra parte, se realizó la medición de parámetros de calidad del agua, determinándose que el agua proveniente de la laguna Llullacocha, no se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, con respecto al PH (6,5 – 8,5), el cual se encuentra establecido por la OMS a nivel mundial, y por la SUNASS. Ver Tabla N.º 04.

Tabla N.º 04: Parámetros de Calidad del Agua de la Laguna Llullacocha

Parámetro	Unidades	Valor Obtenido en Campo	Valor Máximo Permissible VMP	Observación
PH		25,0	6,5 – 8,5	Excede el límite máximo permisible
Oxígeno Disuelto	mg/LDO	6,67		
Conductividad Eléctrica	uS/cm	25,0	1 500	
Temperatura	°C	8,64	-	



5.8. Condiciones de Estabilidad de la Laguna y su Entorno

La laguna Llullacocha, es un cuerpo de agua que no tiene contacto con ninguna lengua glaciar; observándose que los glaciares se encuentran muy alejados; así también se visualizan en la zona anterior el afloramiento de un macizo rocoso, lo cual indicaría que la laguna ha alcanzado su máximo desarrollo.

En relación a la composición y condiciones del vaso de almacenamiento, es de precisar que, está compuesto en sus flancos laterales y zona frontal, por depósitos glaciáricos de pendiente de media a baja, compuestos por fragmentos de roca en matriz de arenas y limos de compacidad media, lo cual denota que las condiciones de dichos depósitos no representan un elevado peligro para la estabilidad de la laguna ante un evento detonante.

6. CONCLUSIONES

- 6.1 Las obras de seguridad de la laguna Llullacocha, al estar conformado por un canal de tierra, sin revestimiento, tiene una alta susceptibilidad a la erosión, por ende, está expuesto a desestabilizarse, de darse un evento extremo, por lo cual requiere se realicen trabajos de mejoramiento de la estructura.
- 6.2 El entorno de la laguna Llullacocha, no representa un peligro para la estabilidad de la laguna, pese a poseer depósitos glaciáricos poco competentes para la estabilidad de taludes; tratándose de taludes de baja a media pendiente, ello no representa un peligro para las poblaciones asentadas aguas abajo.
- 6.3 De acuerdo a la lectura del PH realizada el 24 de agosto de 2018, se advirtió un valor de 25, el cual se encontraría por encima del valor máximo permisible establecido por organismos competentes internacionales, los cuales establecen de PH (6,5 – 8,5).

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda la ejecución de trabajos de mejoramiento de la estructura, considerando el revestimiento del canal de tierra y realizando la limpieza general y desquinche de taludes aledaños e inestable; asimismo el monitoreo periódico del PH del agua de la laguna, así como la identificación de sus causas.