



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°09-2018-INAIGEM/DIG-SDRAG

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

PUCACOCHA



Laguna Pucacocha, Huaylas, Ancash.

Elaborado por:

Ing. Adriana Caballero Bedriñana

Bach. Hilbert Villafane Gómez

Huaraz, agosto de 2018



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS	3
3.	GENERALIDADES.....	3
	3.1. Ubicación	3
	3.2. Accesibilidad	4
	3.3. Antecedentes.....	4
4.	METODOLOGÍA:.....	5
5.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
	5.1. Descripción geográfica.....	5
	5.2. Geotecnia.....	6
	5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:.....	7
	5.4. Obras de Seguridad:.....	9
6.	CONCLUSIONES	13
7.	RECOMENDACIONES	14



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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, Quitarcasa, Pucacocha, Lullacocha y su entorno”, en razón de que se encuentran ubicadas en la sub cuenca Quitarcasa, y el desemboque de sus aguas atraviesa zonas pobladas y la Central Hidroeléctrica de Quitarcasa, provincia de Huaylas, en ese sentido, un eventual alud, afectaría a dichas zonas pobladas y la costosa infraestructura que representa una central hidroeléctrica, como la de Quitarcasa, 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 Pucacocha, se recopiló información documentaria de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, 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 al 25 de agosto de 2018, se identificó que la laguna Pucacocha cuenta con una presa de tierra revestida con emboquillado de piedra en mortero cemento: arena, la cual habría sido construida en construidas en la década de los años 60.

En ese contexto, se realizó la evaluación geotécnica de los depósitos glaciarios adyacentes que componen el vaso de almacenamiento de la laguna, a fin de realizar la evaluación de la estabilidad de dichos depósitos, y determinar el grado de peligro que representa para la estabilidad de la laguna.

2. OBJETIVOS

El objetivo de la evaluación de las obras de seguridad y entorno de la laguna Pucacocha, es identificar su estado actual y determinar si representa peligro para la estabilidad de la laguna y poblaciones e infraestructura asentadas aguas abajo.

3. GENERALIDADES

3.1. Ubicación

La laguna Pucacocha, se ubica en la cabecera de la quebrada Tayapampa (tributario de la Subcuenca del río Quitarcasa), al pie del glaciar Pucahirca, en la cuenca del Río Santa, Vertiente Occidental de la Cordillera Blanca

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

(Figura N.º 01), a 4433 msnm, cuyas coordenadas corresponden a: (212000.39 E, 9021521.79 S) y (211385.59 E, 9022348.12 S), de WGS84 y zona 18s, respectivamente. Políticamente se encuentran en el distrito de Yuracmarca, provincia de Huaylas, departamento de Ancash.

Figura N.º 01: Ubicación de la laguna Pucacocha**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 Baja (45.0 Km), finalmente, se toma un camino de herradura de 3.5 km, hasta llegar a la laguna Pucacocha (Ver Tabla N° 01).

Tabla N° 01. Acceso a la laguna Pucacocha

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 - Pucacocha	Camino de herradura	3.50	2:00	Caminando
		243.70	10:25	

3.3. Antecedentes

Se ha tomado conocimiento que, por razones de seguridad, la Corporación Peruana del Santa, efectuó un tajo abierto en la morrena frontal de la laguna Pucacocha, bajando el nivel del espejo de agua de la laguna en 5 m, logrando evacuar 345,360.00 m³ de agua. Posterior a ello, en el año 1968 se concluyeron las obras

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

consistentes en una presa de tierra de 8 m de altura, revestida de emboquillado de piedra, con sus respectivos canales de ingreso, conducto cubierto y canal de salida.

4. METODOLOGÍA:

La metodología aplicada, es la inspección directa en contraste con la información obtenida de manera preliminar.

Procedimientos:

1. Etapa de Campo:

Verificación in situ de lugar de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Pucacocha; 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 Pucacocha se obtuvieron muestras representativas de suelos, a fin de determinar en laboratorio parámetros de suelo, para realizar el análisis de la estabilidad de dichos depósitos.

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 Pucacocha, 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 DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Descripción geográfica

La laguna Pucacocha está ubicada en la cabecera de la Subcuenca del río Quitaracsá, a una altitud de 4491 msnm (Fotografía N°01). Hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Santa. Políticamente pertenece al distrito de Yuracmarca, provincia de Huaylas en el departamento de Ancash. Ver Fotografía N.° 01.

Fotografía N.° 01. Vista Panorámica de la Laguna Pucacocha



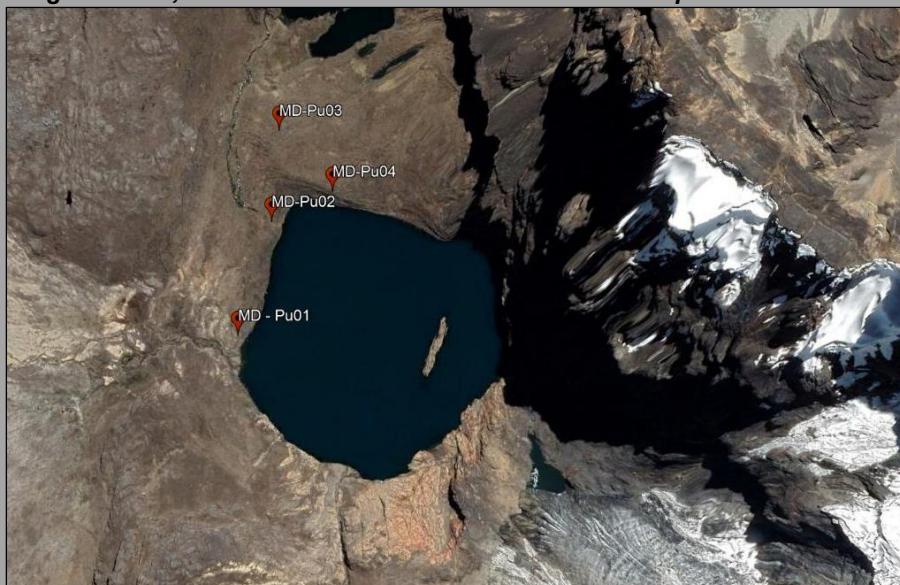
Fuente: INAIGEM 2018

*“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”***5.2. Geotecnia**

La investigación geotécnica realizada, comprende la determinación de las características físicas (granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad y clasificación de suelos SUCS y AASHTO) de los depósitos glaciáricos adyacentes a la laguna y a las obras emplazadas en la misma, tomadas de muestras representativas, a fin de determinar si los depósitos glaciáricos representan un peligro para la estabilidad de la laguna. Se obtuvieron (4) muestras representativas en la morrena frontal y morrenas laterales de la laguna, las cuales fueron analizadas de acuerdo a la normativa y procedimientos establecidos por la American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) y Normas Técnicas Peruanas:

Ensayo de Laboratorio	A.S.T.M.	N.T.P
Análisis Granulométrico por Tamizado	D422	339.128
Contenido de Humedad	D2216	339.127
Límite Líquido y Plástico	D4318	339.129
Clasificación SUCS	D2487	339.134

Figura N.º 02, Ubicación de Muestras Extraídas de los Depósitos Glaciáricos



Fuente: Google earth 2018

Tabla N.º 2: Resumen de Muestras Tomadas

Nº	Muestra	Ubicación (UTM) (E,N)		Prof. (m)	Nivel Freático (m)	Zona de Muestreo	Detalles
1	MD -P01	210395	9019742	0.40	No hay	Trinchera	
2	MD -P02	210464	9020002	0.40	No hay	Trinchera	
3	MD -P03	210472	9020213	0.40	No hay	Trinchera	
4	MD -P04	210602	9020073	0.40	No hay	Trinchera	

Fuente: INAIGEM (agosto 2018). Nota: (*) Datum WGS '84 Zona 18S

Los resultados, indican la presencia de suelos arenosos con presencia de limos y una cantidad baja de gravas, por ende, buena cantidad de material cementante, sin embargo, poco cohesivo, siendo estos suelos de mediana competencia para la



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

estabilidad en taludes. Adicional a lo cual debe considerarse que dichos suelos se emplazan en taludes de medios a elevados, de 60° de inclinación en promedio.

5.3. Estado Actual de la Laguna y su Entorno:

La laguna Pucacocha, es un cuerpo de agua, cuyo vaso de almacenamiento está formado, lateral y frontalmente por depósitos glaciáricos y la zona anterior por macizo rocoso; con un volumen de almacenamiento de 8 463 000 m³ y tendría una profundidad máxima de 78.5 m (Fuente: UGRH-ANA, 2006).

Depósitos Glaciáricos:

Realizada la inspección física de los depósitos glaciáricos del entorno de la laguna Pucacocha, se identificó que, en la zona frontal adyacente al dique (lados derecho e izquierdo) de protección de la laguna, se emplazan depósitos de fragmentos de roca en matriz de arena limosa de compacidad de media a alta, con la presencia de vegetación menor en un 80% de su superficie aproximadamente, a una profundidad de 0.30 m en promedio.

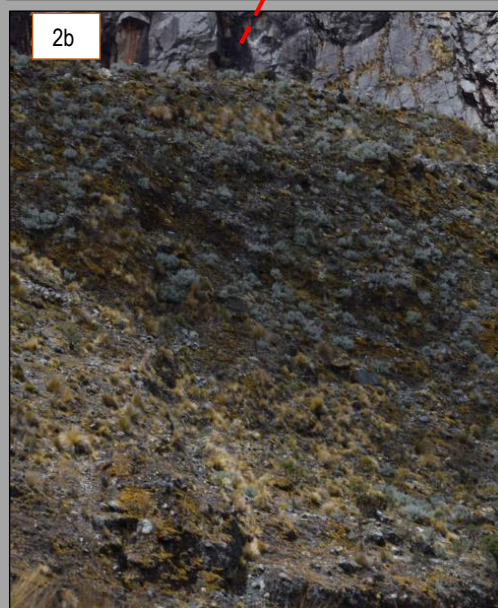
Cabe destacar, que se extrajeron muestras representativas en los depósitos glaciáricos frontal y laterales izquierdo y derecho, a fin de caracterizar dichos depósitos y determinar su competencia para la estabilidad de taludes, por ende, determinar si representan un peligro para la estabilidad de la laguna. Identificándose que se trataría de suelos tipo SM, arenas limosas, con presencia de fragmentos de roca, constituyéndose en un material poco competente para la estabilidad de taludes, sin embargo, al tener en cuenta la poca altura de los taludes y su inclinación media, ello no representaría un gran peligro para la estabilidad de la laguna.

Depósito Glaciárico Lateral Derecho:

En el depósito glaciárico lateral derechos se identifica un talud medio (ang. aprox = 45°), con una 60% aproximadamente de su superficie cubierta de pajonal andino y arbustos pequeños. Es de precisar que, se visualiza, además, arrastre de material granular (gravas y arenas), lo cual se debería a la escorrentía superficial y a la dinámica de la desglaciación (Ver fotografías N.º 2a, 2b y 2c).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografías N° 2a, 2b y 2c. Vistas del Depósito Glaciárico Lateral Derecho de la Laguna
Pucacocha



Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo:

Se identifica un talud medio, de menor ángulo de inclinación (Ang.aprox = 30°), compuesto de un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, cubiertos de vegetación entre arbustos y pajonal andino en un 80% de su superficie aproximadamente.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N.º 03. Vista del Depósito Glaciárico Lateral Izquierdo de la Laguna Pucacocha



Fuente: INAIGEM 2018

Depósito Glaciárico Frontal:

Se identifica un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad de media a alta; con cobertura vegetal parcial.

Fotografía N.º 4: Se visualiza la composición del material del depósito glaciárico frontal adyacente al dique de la laguna Pucacocha.



Fuente: INAIGEM 2018

5.4. Obras de Seguridad:

En la inspección in situ realizada en agosto de 2018, se identificó el estado actual de las obras de seguridad emplazadas en la laguna Pucacocha, el cual es detallado a continuación:

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Presa de Tierra

La estructura fue construida en el año 1968, los paramentos aguas arriba y abajo impermeabilizados con protección de emboquillado de piedra en mortero cemento: arena, al igual que la corona. La presa tiene una altura de 8 m, el ángulo de inclinación de las caras de los taludes son 25° y 30° aguas abajo y arriba respectivamente, su estado de conservación es regular, visualizándose el crecimiento de vegetación menor en las hendiduras existentes en la superficie de la presa (55% de la superficie aproximadamente); en ese contexto resulta necesario la ejecución de trabajos de mantenimiento, a fin de que la presencia de dicha vegetación (raíces) no genere deterioro en el revestimiento, por ende posibilite el ingreso de agua al cuerpo de la presa. (Ver fotografías N.ºs 05, 06 y 07).

Fotografía N° 05. Obras de Seguridad de la Laguna Pucacocha



Fuente: INAIGEM, Mayo 2018

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 06: Dique de seguridad: se visualiza deterioro del revestimiento – cara aguas arriba del dique.



Fuente: INAIGEM, mayo 2018

Transición de ingreso

Zona anterior al canal de ingreso, compuesto por aletas y zona de transición al canal de ingreso, construido con mampostería de piedra con mortero de cemento y arena, se encuentra deteriorada, siendo que presenta fisuras finas y vegetación menor en ellas. (Ver fotografías N.º 7 a y b).

Fotografía N° 7 a y 7b. Transición de Ingreso al Canal de Desagüe – Laguna Pucacocha



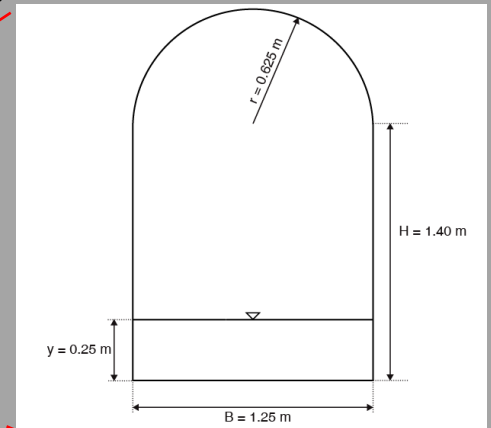
Fuente: INAIGEM, julio 2018

Conducto Cubierto

El conducto cubierto atraviesa el dique de tierra, y es de concreto armado, de sección tipo portal con un diámetro de 1.25 m, y una longitud de 25 m; se encuentra en regular estado de conservación, no evidenciándose deformaciones por exceso de carga, tampoco deterioros considerables en su revestimiento. (Ver fotografía N.º 09).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 8. Conducto cubierto – Laguna Pucacocha

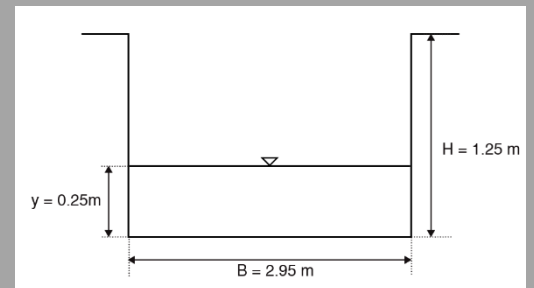


Fuente: INAIGEM, Agosto 2018

Canal de Salida

Se observa un canal de salida rectangular, de 25 m de largo, paredes construidas con albañilería de piedra y revestimiento de mortero cemento: arena, piso de concreto; en general el canal muestra condiciones regulares, con materiales finos sedimentados entre 2 a 5 cm de atura, debido a la velocidad del flujo, la cual varían entre 0.80 a 1.2 m/s. De otra parte, cabe precisar que, la laguna Pucacocha es alimentada por precipitación pluvial y por fusión glaciar, su descarga fue estimada por el método del correntómetro, en un valor de 292 Lt/seg. (24 de agosto de 2018) (Ver fotografía N.º 9).

Fotografía N.º 9. Aforo en la descarga de la laguna Pucacocha



Fuente: INAIGEM, agosto 2018

Caída inclinada

Se observa una caída inclinada al final de las estructuras de seguridad, constituido por una transición hacia la caída y la caída propiamente dicha, con un desnivel de 1.6 m; su estado de conservación se califica como regular ya que se observa la existencia de vegetación creciendo sobre los depósitos sedimentados en el canal.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”
Fotografía N° 10. Caída inclinada al final de la obra de seguridad


Fuente: INAIGEM, julio 2018

Finalmente, es de precisar que, el estado de las obras de seguridad emplazadas en la laguna Pucacocha es regular, no obstante, se requiere el mantenimiento de sus estructuras, a fin de garantizar su durabilidad en el tiempo. Ver Tabla N.° 03.

Tabla N.° 03. Estado de las Obras de Seguridad de la Laguna Pucacocha

N.°	Componente	Material	Largo	Ancho	Alto	Observación	Estado
1	Transición de Ingreso	Mampostería de Piedra	-	-	-	Se visualizan fisuras en el revestimiento de las paredes.	Regular
2	Conducto Cubierto	Concreto Armado	25,00	1,25	2,0	No se visualizan deformaciones por carga, únicamente deterioros pequeños en el piso del canal.	Regular
3	Canal de Salida	Mampostería de Piedra	25,0	2,0	-	Se visualiza deterioro parcial en las paredes del canal; así también acumulación de material en el piso y zonas adyacentes al canal.	Regular
4	Dique	Tierra Compacta Revestida de Emboquillado de Piedra	12,0	4,10	8,0	Se visualiza pequeños deterioros del revestimiento, asimismo el crecimiento de vegetación en las hendiduras.	Regular
Estado de las Obras de Seguridad							Regular

6. CONCLUSIONES

6.1 Las obras de seguridad de la laguna Pucacocha, poseen deterioros menores, no obstante, resulta necesaria la ejecución del mantenimiento del revestimiento de las estructuras, así también la limpieza de las zonas aledañas, a fin de preservar las obras y prolongar su periodo de vida útil.

6.2 Esta laguna no representaría un peligro de gran magnitud para las poblaciones e infraestructura asentada aguas abajo.



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

7. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda el mantenimiento periódico de las obras de seguridad, lo cual comprende el reemplazo del tarrajeo del dique en sus zonas deterioradas y en los canales de ingreso y salida; asimismo ampliar la aleta de ingreso al canal de aducción.