



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°016-2018-INAIGEM/DIG-SDRAG

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

AKILLPO



Laguna Akillpo, Carhuaz, Ancash.

Elaborado por:

Ing. Adriana Caballero Bedriñana

Ing. Harrinson Jara Infantes

Bach. Hilbert Villafane Gómez

Huaraz, octubre 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.....	5
4.	METODOLOGÍA.....	5
	4.1. Etapa de Campo:.....	5
	4.2. Etapa de Gabinete:	5
5.	RESULTADOS.....	5
	5.1. Laguna Akillpo.....	5
	5.2. Glaciares.....	6
	5.3. Geotecnia.....	8
	5.4. Estado Actual de la Laguna y su Entorno.....	9
	5.4.1. Depósitos Glaciáricos (morrenas)	9
	5.4.1.1. Morrena Lateral Derecha:	9
	5.4.1.2. Morrena Lateral Izquierda:.....	10
	5.4.1.3. Morrena Frontal:	11
	5.5. Obras de Seguridad:.....	11
	5.5.1. Canal de Aducción:	11
	5.5.2. Conducto Cubierto:	12
	5.5.3. Presa de tierra:	12
	5.5.4. Canal de Salida de la Presa	13
	5.5.5. Rápida.....	14
	5.6. Aforo de Caudales:.....	15
	5.7. Calidad del Agua	15
	5.8. Condiciones de Estabilidad de la Laguna y su Entorno.....	16
6.	CONCLUSIONES	17
7.	RECOMENDACIONES	17



1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Investigación en Glaciares (DIG), 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: Lejiacocha, Akillpo y su entorno”*, en razón de que se encuentran ubicadas en la Subcuenca del río Marcará, Microcuenca de la quebrada Lejiamay y Yuracyacu, respectivamente, y el desemboque de sus aguas atraviesan zonas pobladas como el distrito de Marcará, centro poblado de Vicos; en ese sentido, un eventual aluvión afectaría a dichas zonas pobladas y su entorno, generando tanto pérdidas de vidas humanas, como perdidas económicas.

Así mismo, se recopiló información documentaria de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, la misma que sirvió como referencia para la identificación de las obras existentes in situ.

En ese sentido, en la investigación de campo realizada entre los días 02 al 03 de octubre de 2018, se identificó el estado de las obras de seguridad que se emplazan en la laguna Akillpo; asimismo, se realizó la evaluación preliminar geotécnica de los depósitos glaciáricos adyacentes a las obras de seguridad, 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 de la laguna Akilpo 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 Akillpo se ubica al pie del nevado Tocllaraju (Figura N°01), al este de la ciudad de Carhuaz, dentro de la Cordillera Blanca.

Geográfica:

Referencia: centroide de la laguna¹

Coordenadas Norte	:	8 966 354,00
Coordenadas Este	:	234 200,00
Zona	:	18 S
UTM Datum	:	WGS´84
Cota	:	4 703,65 m s.n.m.

Política:

Distrito	:	San Miguel de Aco
Provincia	:	Carhuaz
Departamento	:	Ancash

¹ Informe de Batimetría de la Laguna Akillpo, UGRH, 2012.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

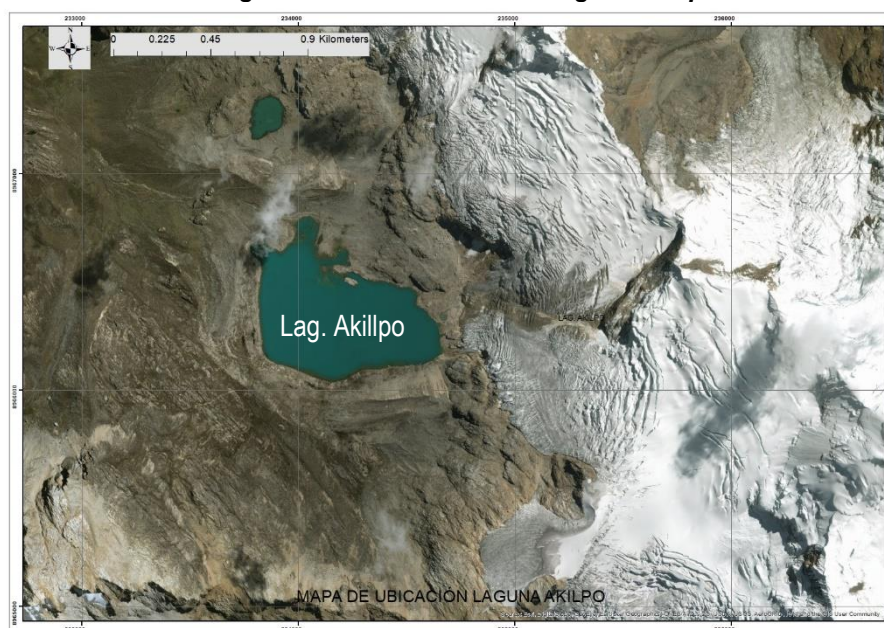
Hidrográfica:

Microcuenca : Yaracyacu, Quebrada Akillpo
Sub cuenca : Río Marcará
Cuenca : Río Santa
Vertiente : Pacífico

Criogenia:

Cordillera Glaciar : Blanca
Zona : Norte

Figura N° 01. Ubicación de la laguna Akillpo.



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza desde la ciudad de Huaraz – Marcará (26,70 Km) por carretera asfaltada, Marcará – Vicos (6,3 Km) carretera afirmada, continuando por hacia la entrada quebrada Yuracyacu (8,3 km); a partir de donde se toma un camino de herradura hacia la laguna Akillpo (16,0 km). Ver Tabla N° 01.

Tabla N° 01. Acceso a la laguna Akillpo

RUTA	VÍA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (horas)	MEDIO DE TRANSPORTE
Huaraz - Marcará.	Asfaltada	26,70	0:40	Camioneta 4x4
Marcará - Vicos	Afirmada	6,30	0:25	Camioneta 4x4
Vicos – Entrada a la quebrada Yuracyacu	Afirmada	8,30	1:0	Camioneta 4x4
Entrada a la quebrada Yuracyacu – Laguna Akillpo	Camino de Herradura	16,0	6:0	A pie
		42,90	8:05	

Fuente: INAIGEM, octubre 2018

3.3. Antecedentes

Electroperú S.A. (1997), a través de la oficina de Glaciología y Recursos Hídricos, realizó la inspección a 31 lagunas de la cordillera blanca, siendo una de ellas la laguna Akillpo, en cuyas recomendaciones del informe, indica el mantenimiento de las obras de seguridad y la ejecución de trabajos complementarios.

En el 2004, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), realizó la primera batimetría de la laguna Akillpo; posteriormente en el año 2012, realizó la última batimetría, determinando un volumen de 4'607,872.214 m³, un área de 412,112.412 m² y una profundidad máxima de 32.42 m.

4. METODOLOGÍA

4.1. Etapa de Campo:

- Verificación in situ de lugar de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Akillpo; 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 Akillpo se obtuvieron muestras representativas de suelos, a fin de poder determinarse parámetros de suelo en laboratorio y así realizar el análisis de la estabilidad de dichos depósitos.

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 Akillpo, 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 Akillpo

Esta laguna se localiza a una altitud de 4 703,65 m s.n.m. y se sitúa al pie de los nevados Tocllaraju y Akillpo Sur, en la cabecera de la quebrada Yuracyacu, al este de la ciudad de Carhuaz, distrito de Marcará, provincia de Carhuaz; hidrográficamente pertenece a la Subcuenca del río Marcará, cuenca del río Santa, cordillera Blanca, cuyo espacio constituye un amplio valle interandino; el relieve topográfico es ondulado y muy accidentado, con zonas de pendiente moderada. Ver Fotografía N°01.

De acuerdo a la última medición batimétrica, realizada por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) – Autoridad Nacional del Agua (ANA) en setiembre de 2012, la laguna Akillpo posee una superficie de 412 112,412 m², un volumen de 4 607 872,214 m³ y una profundidad máxima de 32,42 m. Esta laguna, se encuentra al pie de los glaciares Tocllaraju y Akillpo Sur, su vaso ocupa la cabecera de un corto valle glaciar, originando la microcuenca Yuracyacu; esta laguna es de forma

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

irregular y está constituida en sus flancos izquierdo y derecho además de la zona frontal, por depósitos glaciares, y roca maciza en la zona posterior.

Fotografía N° 01: Vista Panorámica de la Laguna Akillpo



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

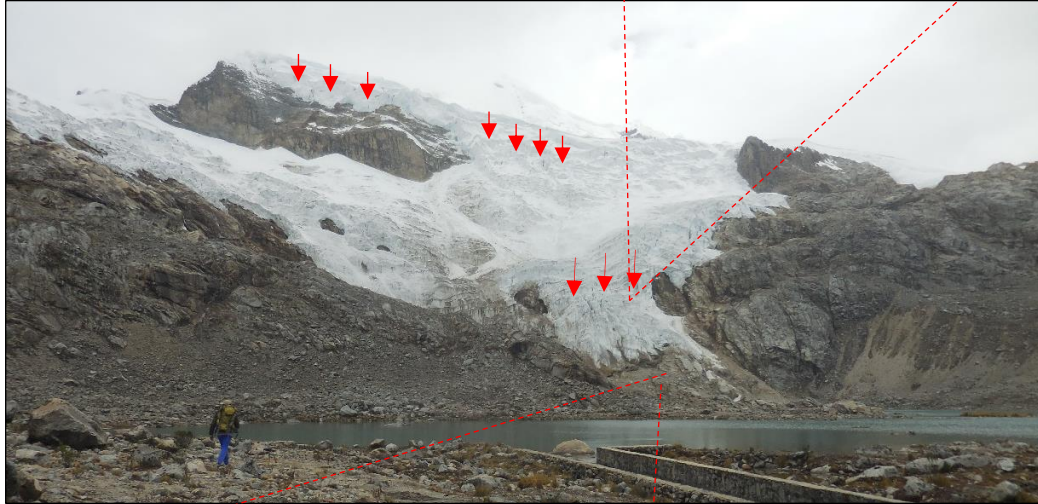
5.2. Glaciares

La masa glaciar de los nevados Akillpo y Tocllaraju, no poseen línea de contacto con la laguna Akillpo, no obstante, se visualiza la misma que es parte de la zona por la cual se descarga el recurso hídrico. Siendo importante precisar que, evidencia del acelerado proceso de ablación y retroceso, es la existencia de masas colgantes y grietas, situación que pone en riesgo la estabilidad del vaso y de las obras de seguridad existentes, y por ende a las poblaciones asentadas aguas abajo. Según detalle de vistas fotográficas.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

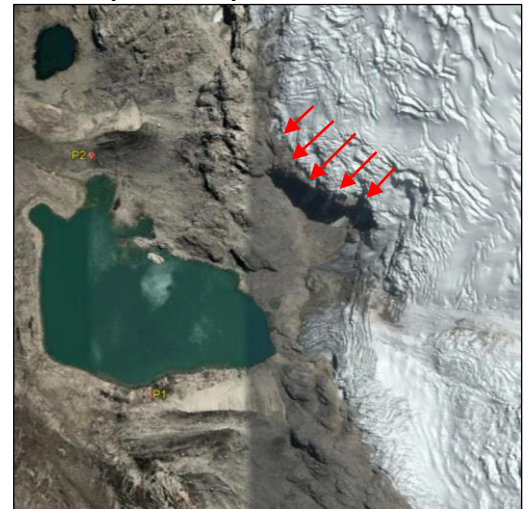
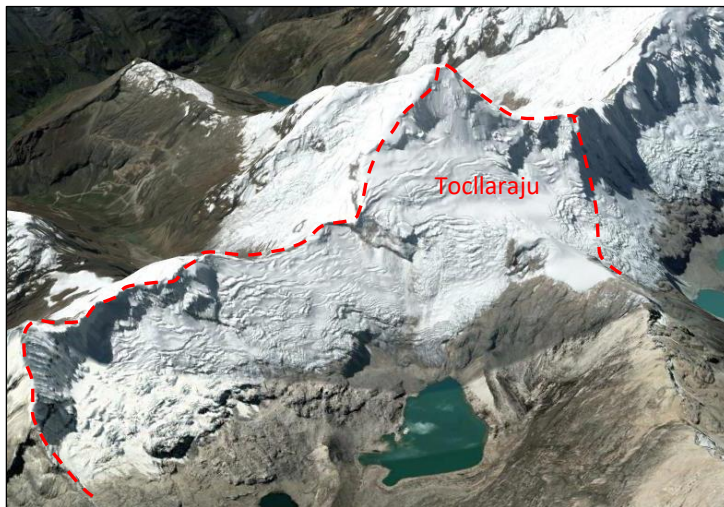
Fotografía N.º 02. Vista de Masas Glaciares Inestables entorno a la Laguna Akillpo

Se visualizan masas glaciares inestables, por la presencia de numerosas grietas en la parte inferior, visualizándose además que estas masas poseen elevadas pendientes, lo cual las condiciona al desprendimiento.



Se visualizan grietas de tensión en la lengua glaciara, lo cual, condiciona al desplome de la masa glaciara, convirtiéndose en una amenaza para la estabilidad de la laguna.

Figura N.º 02. Vista del circo glaciara Tocllaraju, presenta una pendiente pronunciada.



Fuente: INAIGEM, Octubre 2018

5.3. Geotecnia

La investigación geotécnica realizada en el entorno de la laguna Akilpo, comprende la caracterización física, de los depósitos glaciáricos adyacentes a la laguna y a las obras emplazadas en la misma, tomadas de muestras representativas; a fin de realizar la evaluación de la estabilidad de dichos depósitos y el peligro que representan para la estabilidad de la laguna y de las obras emplazadas en ella. En síntesis, se obtuvieron dos (2) muestras representativas en la morrena frontal y morrenas laterales de la laguna, las cuales fueron caracterizadas, y se muestra la figura siguiente:

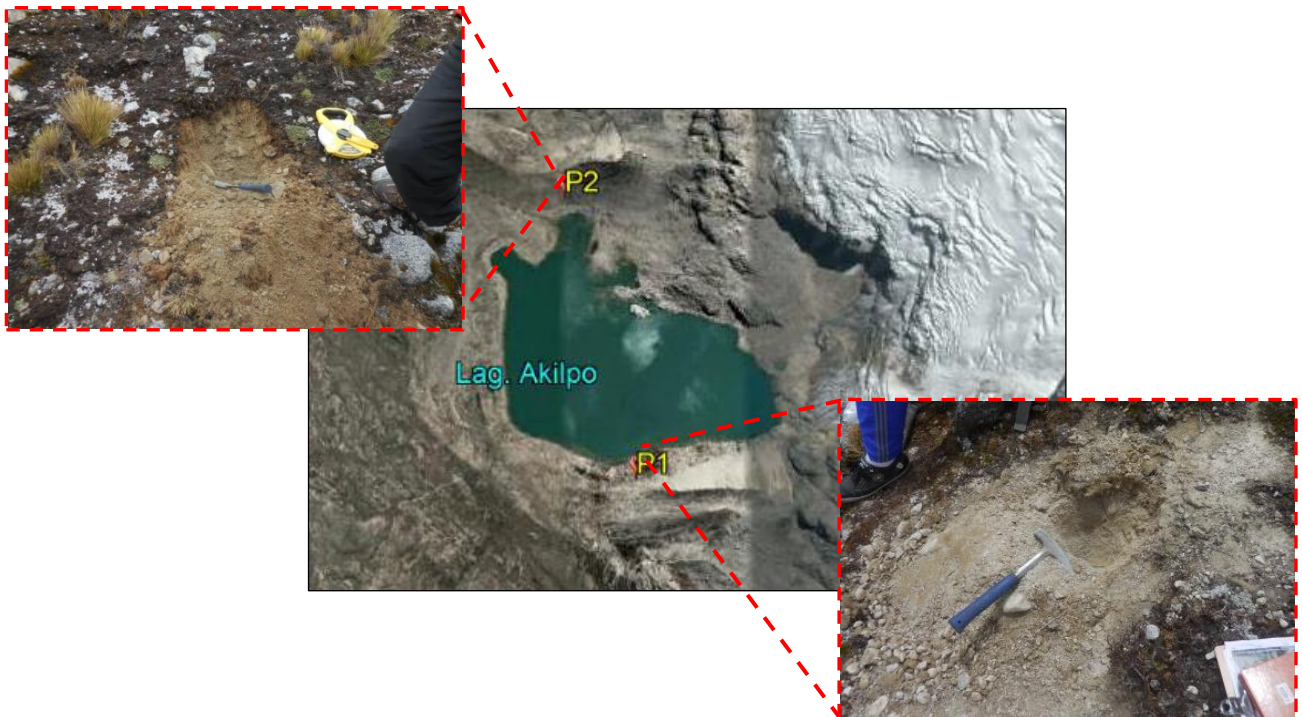
Tabla N.° 02. Descripción de las Muestras de Suelo de la Laguna Akilpo

Punto	MUESTRA	Coordenadas		DESCRIPCION	OBSERVACIONES	MATERIAL (%)				
		Este	Norte			Bl %	B %	G %	A %	F %
P1	181003_MD-AK01 (2)	234236	8965983	Morrena lateral Izquierda de la laguna. Bloques angulosos. Picota difícil de penetrar en el suelo	Pendiente 70°, altura de 35 m aproximadamente	10	5	15	50	20
P2	181003_MD-AK02 (2)	234009	8966842	Morrena lateral Derecha, presencia de abundante materia orgánica y bolones en superficie. Picota penetra fácilmente en el suelo.	Pendiente 70°, altura de 40 m aproximadamente.	5	15	10	50	20

Bl: bolonería; B: bloques; G: grava; A: arena; F: finos.

Fuente: INAIGEM 2018

Figura N° 03. Puntos de Muestreo de Suelos.



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

La caracterización de las muestras obtenidas, denotan que los depósitos glaciáricos de la laguna Akillpo, están compuestos por material grueso, arenas limosas con presencia de bloques; existiendo una 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 Akillpo es un cuerpo de agua cuyo vaso de almacenamiento está conformado lateral y frontalmente por depósitos glaciáricos y macizos rocosos.

5.4.1. Depósitos Glaciáricos (morrenas)

Una vez realizada la inspección física de los depósitos glaciáricos del entorno de la laguna Akillpo, se identificó que, en la zona frontal adyacente a las obras de seguridad, se emplazan depósitos de fragmentos de roca en matriz de arenas y limos de compacidad de media a alta, con presencia de bloques grandes visualizándose en un 60% de su superficie, una vegetación menor a una profundidad de 0,30 m en promedio.

Cabe destacar, que se extrajeron muestras representativas en los depósitos glaciáricos laterales, las cuales fueron caracterizadas a fin de realizar un análisis aproximado de la estabilidad de dichos depósitos.

5.4.1.1. Morrena Lateral Derecha:

Este depósito presenta un talud que va de 30° a 40° y está compuesto superficialmente por fragmentos de roca en matriz de arenas y limos de compacidad de media a alta, con presencia de bloques grandes y escasa cobertura vegetal, lo cual sobre yace a un macizo rocoso.

Fotografía N.° 03. Vista de la Morrena Lateral Derecha de la Laguna Akillpo



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 04: Punto de Muestreo de Suelos en Morrena Lateral Derecha

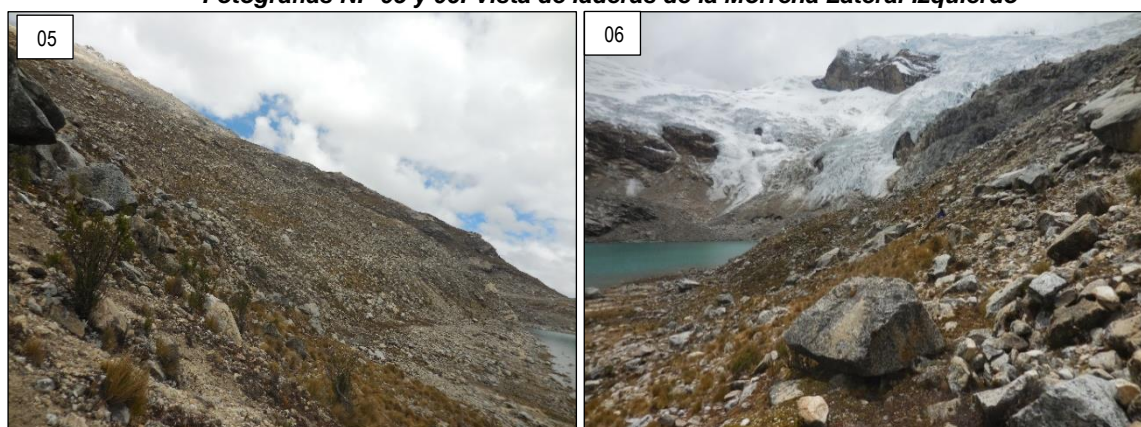


Fuente: INAIGEM, octubre 2018

5.4.1.2. Morrena Lateral Izquierda:

Se identifica un talud elevado, de mayor ángulo de inclinación (Ángulo aprox. = 35° a 45°), compuesto por fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad de media a alta; con escasa cobertura vegetal. (Ver Fotografías N° 05, 06 y 07).

Fotografías N.° 05 y 06. Vista de laderas de la Morrena Lateral Izquierdo



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

Fotografía N° 07, Punto de Muestreo de Suelos en Morrena Lateral Izquierda



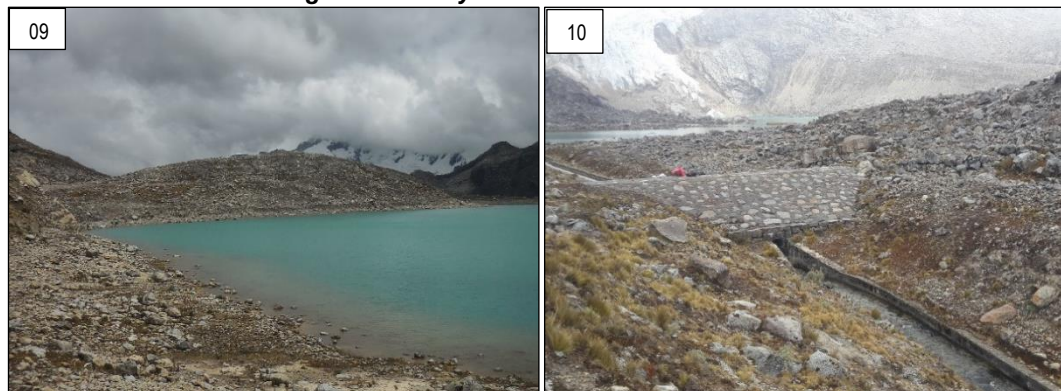
Fuente: INAIGEM, octubre 2018

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

5.4.1.3. Morrena Frontal:

Se tiene un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de arena limosa, de compacidad media; con cobertura vegetal escasa.

Fotografías N° 08 y 09. Vista de la Morrena Frontal



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

5.5. Obras de Seguridad:

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

5.5.1. Canal de Aducción:

Está comprendido por 3 tramos de canal de sección rectangular de dimensiones variables, un primer tramo de longitud 56 m (sección 3,2 m x 1,0 m), el segundo de longitud 40 m (sección 2,0 m x 0,7 m) y un tercer tramo de longitud 13,6 m (sección 0,65 m x 1,0 m). Ver fotografía N° 10.

Fotografía N° 10: Canal de Aducción de la Laguna Akillpo



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

En relación al estado de conservación de este canal, se identificó deterioro en sus paredes, visualizándose desprendimiento parcial del tarrajeo en corona y paredes, por ende, aparición de especies de vegetación menor en las depresiones generadas por el deterioro de las mismas. Asimismo, se visualiza que la zona de ingreso al canal de salida se encuentra colmatada, lo cual dificulta el libre flujo del agua.

5.5.2. Conducto Cubierto:

Se visualiza un conducto cubierto de concreto, de sección compuesta de 0,85m. de diámetro interno en la zona superior (semicírculo) y 0,65 de ancho por 1,0 m de alto en la zona baja (rectangular); con una longitud de 16,9 m. dicho componente, se encuentra aparentemente en regular estado de conservación, no evidenciándose deformaciones por carga, tampoco deterioros considerables en su revestimiento. (Ver fotografía N° 11).

Fotografías N° 11. Vista del Conducto Cubierto – Laguna Akillpo

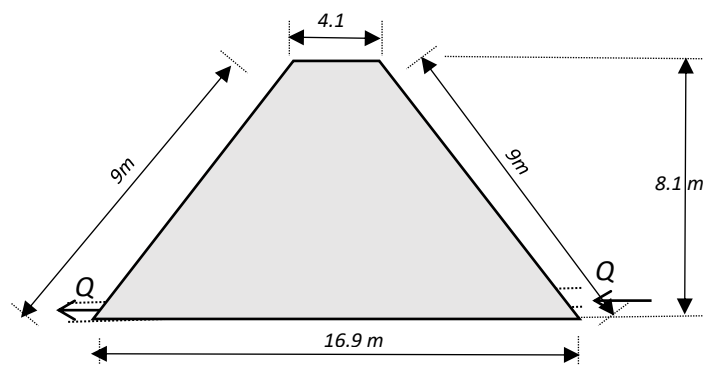


Fuente: INAIGEM, octubre 2018

5.5.3. Presa de tierra:

De acuerdo a información referencial, la presa estaría constituida por un núcleo de material arcilloso compactado, y los paramentos aguas arriba y abajo impermeabilizados con mampostería de piedra, al igual que la corona. La presa tiene una altura de 8,1 m, y su estado de conservación es regular, presentando únicamente algunas fisuras y desprendimiento de rocas de los taludes adyacentes a la estructura. (Ver Fotografía N.° 12 y Figuras N° 04 y 05).

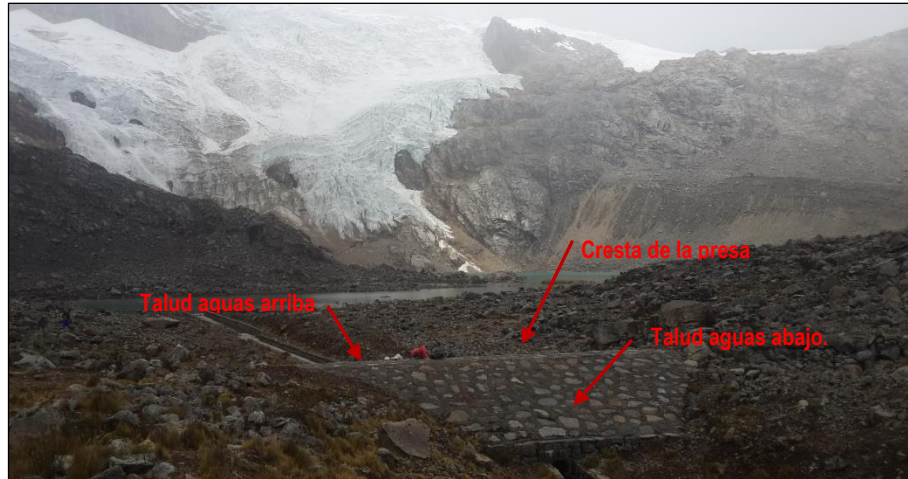
Figura N° 04. Sección de la Presa de Tierra.



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

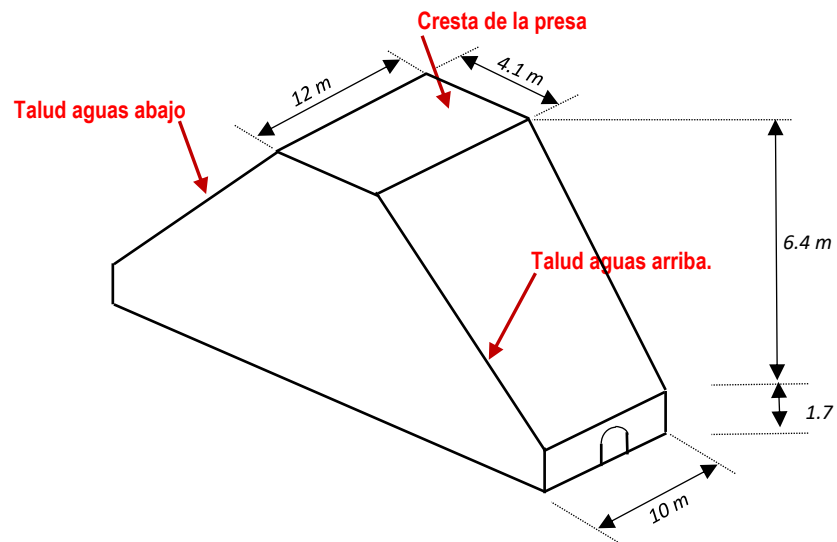
Fotografía N° 12: Presa de Tierra de la Laguna Akillpo

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

Figura N° 05. Sección de la presa de tierra.



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

Es de precisar que, el cuerpo de la presa, presenta deterioros menores como desprendimiento del revestimiento de emboquillado de piedra, lo cual debe ser atendido a corto plazo, a fin de evitar la progresión de los mismos.

5.5.4. Canal de Salida de la Presa

El canal aguas abajo de la presa, está construido con material de mampostería de piedra con mortero de cemento y arena; la condición en la que se encuentra, se califica de regular a malo, ya que el canal de salida presenta fisuras en su revestimiento, producto de la antigüedad de la construcción y las condiciones a las que está expuesta, tal es el caso de las temperaturas bajas extremas.

Está compuesto por los siguientes elementos: Transición de salida del canal cubierto, de 5 m de longitud, y canal rectangular de sección 2 m x 36 m hasta llegar a la transición hacia la rápida.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 13: Canal Aguas Abajo

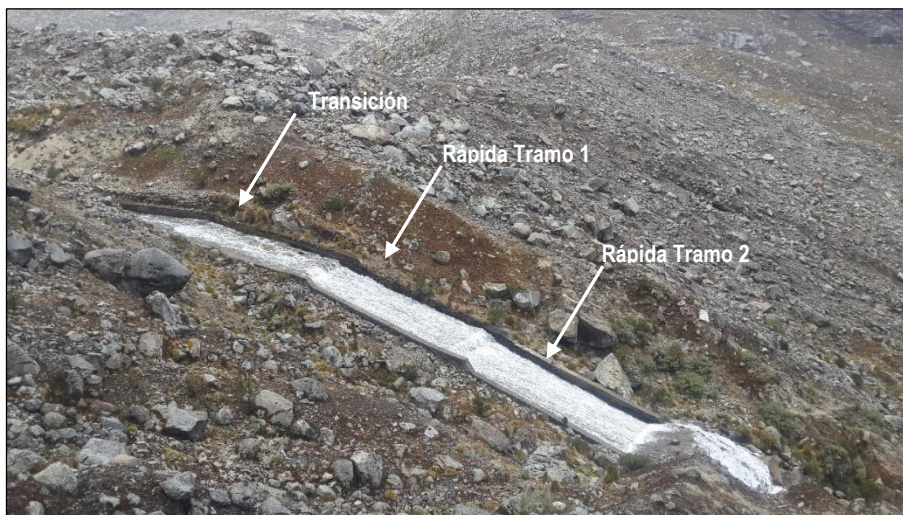


Fuente: INAIGEM, octubre 2018

5.5.5. Rápida

Esta estructura está compuesta por dos tramos con pendientes diferentes: el primer tramo con una longitud de 10 m, y el segundo tramo con una longitud de 20 m y ancho de 5 m.

Fotografía N.° 14: Rápida al final de la estructura de seguridad



Fuente: INAIGEM, octubre 2018

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

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Tabla N.º 03. Estado de las Obras de Seguridad de la Laguna Akillpo

N.º	Componente	Material	Largo	Ancho	Alto	Observación	Estado
1	Canal de Ingreso, tramo I.	Mampostería de Piedra	56,0	3,2	1,0	Desprendimiento parcial del revestimiento; zona de ingreso colmatada.	Regular a malo.
	Canal de Ingreso, tramo II.	Mampostería de Piedra	40,0	2,0	0,7	Desprendimiento parcial del revestimiento.	Regular
	Canal de Ingreso, tramo III.	Mampostería de Piedra	13,6	0,65	1,0	Desprendimiento parcial del revestimiento.	Regular
2	Conducto Cubierto	Concreto Armado	16,9	0,85 – 0,65	1,0	No se visualizan deformaciones por carga, únicamente deterioro parcial del piso del canal.	Regular
3	Canal de Salida	Mampostería de Piedra	36,0	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	Rápida	Mampostería de Piedra	30,0	5,0	-	Deterioro del revestimiento en paredes.	Regular
5	Dique	Tierra Compacta Revestida de Emboquillado de Piedra	12,0	4,10	8,0	Se visualiza pequeños deterioros del revestimiento.	Regular
Estado de las Obras de Seguridad							Regular

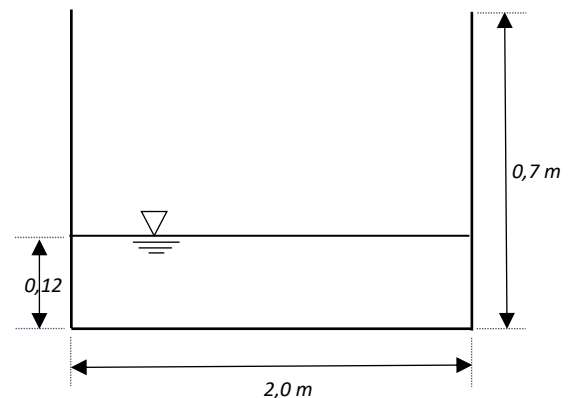
5.6. Aforo de Caudales:

La laguna Akillpo es alimentada por precipitación y fusión glaciara, descargada por rebose, a través de un canal revestido de concreto, con un caudal estimado por el método de correntómetro en 145 l/s, obtenido el 03.10.18. (Ver fotografía N° 15).

Fotografía N.º 15: Aforo de Caudales – Salida de la Laguna Akillpo



Fuente: INAIGEM, octubre 2018



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 Akillpo, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, con respecto al PH (6,5 – 8,5) y a la

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

conductividad, los cuales se encuentran establecidos 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 Akillpo

Parámetro	Unidades	Valor Obtenido en Campo	Valor Máximo Permisible VMP	Observación
PH		6,92	6,5 – 8,5	
Oxígeno Disuelto	mg/LDO	7,16		
Conductividad Eléctrica	uS/cm	22,0	1 500	
Temperatura	°C	8,8	-	

5.8. Condiciones de Estabilidad de la Laguna y su Entorno

La laguna Akillpo, es un cuerpo de agua que aún mantiene contacto con una pequeña lengua glaciar; pudiéndose inferir que su cuerpo de agua ya habría alcanzado su máximo desarrollo, visualizándose en la zona anterior el afloramiento del macizo rocoso, lo cual limitaría su crecimiento. No obstante, cabe destacar que, en la zona de contacto de la lengua glaciar se visualizan numerosas grietas tensionales, que denotan el grado de inestabilidad de dicha zona.

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 mediana pendiente, compuestos por fragmentos de roca en matriz de arenas y limos de compacidad de media a alta en el flanco izquierdo, y de baja a media en el flanco derecho, lo cual denota que en el flanco derecho (zona cercana a las estructuras de salida de la laguna, ha existido una dinámica externa más reciente que el resto del vaso.

Cabe destacar, que las muestras representativas extraídas de los depósitos glaciáricos laterales, y caracterizadas físicamente, permitieron conocer de manera general que condiciones de estabilidad de dichos depósitos, no poseen un elevado grado de seguridad, por lo cual están propensas al desplome, ante un evento detonante.



6. CONCLUSIONES

- 6.1 Las obras de seguridad en la laguna Akillpo, poseen deterioros menores, en el revestimiento de la presa de tierra y en las estructuras complementarias, presentados desde fisuras superficiales y desprendimiento del revestimiento hasta pequeños asentamientos, que, de no priorizar las medidas preventivas de mantenimiento se estaría exponiendo a peligro alto por falla de la estructura.
- 6.2 Las condiciones de estabilidad de los depósitos que conforman el vaso de la laguna, no poseen un elevado grado de seguridad, por lo cual están propensas al desplome, ante un evento detonante.
- 6.3 La calidad del agua proveniente de la laguna Cochca, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, con respecto al PH (6,5 – 8,5) y a la conductividad, establecidos por la OMS.

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.
- 7.2 Se recomienda la ejecución de estudios a detalle a corto plazo, correspondientes a las lagunas Akillpo, a fin de determinar con precisión las características de las morrenas y descartar la existencia de planos de debilidad en sus estratos, que podrían constituir zonas propensas a la tubificación y posterior desembalse de la laguna.