



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en  
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

## **INFORME TECNICO DE ESTACION DE ESTÍO**

### **INVESTIGACION GLACIOLÓGICA EN EL GLACIAR HUILLCA**

### **DIRECCION DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES**



*O. Vilca*

*G. Huillca, Abr 2016.*



*L. Dávila*

*G. Huillca, Nov 2016.*

**Noviembre del 2016**

**Huaraz - Perú**



**PERÚ**

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en  
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

## **MINISTERIO DEL AMBIENTE**

### **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA - INAIGEM**

#### **DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES**

#### **PERSONAL TECNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:**

##### **Responsable del estudio:**

**Ing. Luzmila R, Dávila Roller.**

##### **Topógrafo:**

**Ing. Lucas N. Torres Amado.**

##### **Técnicos en glaciología:**

**Mateo López**

**Luis Rodríguez**

**Miguel Vargas**

**Ever Henostroza**

**Miguel Shuan**

**Luis Caldúa**

**Alan Minaya**

**Martin Bartolomé**

##### **REVISION:**

**Ing. Cesar Portocarrero Rodríguez.**

**Director, Investigación en Glaciares**



## INDICE

1. GENERALIDADES .....	7
1.1 INTRODUCCIÓN .....	7
1.2 ANTECEDENTES.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 GENERAL.....	7
1.3.2 ESPECÍFICOS .....	8
1.4 UBICACIÓN Y ACCESO .....	8
2 METODOLOGÍA .....	9
2.1 PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES .....	9
2.2 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	10
2.2.1 MONITOREO GLACIOLOGICO.....	10
2.3 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	12
3 AMBITO DE ESTUDIO .....	13
3.1 Caracterización .....	13
3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial	14
4 RESULTADOS.....	15
4.1 MONITOREO GLACIOLOGICO.....	15
4.1.1 SISTEMA DE MEDICIÓN ESTABLECIDO .....	15
4.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	16
4.1.3 RETROCESO GLACIAR.....	19
4.1.4 MEDICION DE ACUMULACION .....	21
4.1.5 MEDICIÓN DE ABLACIÓN.....	22
5 CONCLUSIONES .....	31
6 RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	32
GLOSARIO DE TERMINOS .....	34
ANEXOS .....	37



### RELACIÓN DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la subcuenca Quitaracsa. .... 8  
 Figura N° 2: Ubicación del glaciar Huillca. .... 9  
 Figura N° 3: Esquema conceptual de la metodología a seguir en el monitoreo de glaciares. .... 10

### RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Actividades de extracción de la muestra de nieve para determinar la densidad en el glaciar Huillca. .... 21  
 Fotografía N° 2: Personal técnico realizando perforación en la zona de ablación. .... 23  
 Fotografía N° 3: Personal técnico realizando instalación de balizas en la zona de ablación. .... 23  
 Fotografía N° 4: Superficie glaciar con penitentes producto de la sublimación. .... 25

### RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N° 1: Ruta de acceso hasta el glaciar Huillca. .... 8  
 Cuadro N° 2: Base Topográfico Ubicados con GPS Navegador para Realizar el Levantamiento Topográfico de la Lengua Glaciar Huillca. .... 17  
 Cuadro N° 3: Hitos de Control del Retroceso del Frente Glaciar. .... 19  
 Cuadro N° 4: Comparaciones Topográficas a los meses 24 de abril de 2016 a 26 de noviembre de 2016. .... 19  
 Cuadro N° 5: Densidad de pozo de acumulación en el glaciar Huillca. .... 22  
 Cuadro N° 6: Ablación por punto de control en la red existente sobre el glaciar Huillca. .... **¡Error! Marcador no definido.**  
 Cuadro N° 7: Aporte en volumen del proceso de fusión glaciar en la zona de ablación. .... 25  
 Cuadro N° 8: Aporte de nieve y volumen acumulado en la zona de acumulación. .... 26  
 Cuadro N° 9: Balance estacional de masas en volumen y milímetros equivalente de agua. .... 26  
 Cuadro N° 10: Balance neto específico por rango altitudinal. .... 26  
 Cuadro N° 11: Desplazamiento, velocidad y ubicación de balizas en la red de monitoreo. .... 29

### RELACION DE MAPAS

Mapa N° 1: Sistema de medición de la red de monitoreo en el glaciar Huillca. .... 16  
 Mapa N° 2: Retroceso glaciar de la lengua glaciar Huillca en 7 meses en el 2016. .... 20  
 Mapa N° 3: Desplazamiento de balizas sobre el glaciar Huillca de mayo a noviembre del 2016. .... 30

### RELACION DE IMÁGENES



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en  
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

Imagen N° 1: Zona de Acumulación de la lengua glaciar Huillca. ....	21
Imagen N° 2: Zona de Ablación del glaciar Huillca.....	22



## RESUMEN

Las investigaciones en la subcuenca Quitaracsa, se iniciaron en los años 60, ejecutando los primeros trabajos de tipo geológico, geotécnico, para aprovechamiento del recurso hídrico, para ser utilizado en la generación de energía eléctrica aguas abajo.

En dicha quebrada se ubican 9 lagunas de especial importancia para la hidroeléctrica del Cañón del Pato, en ésta oportunidad este informe se enfocará de lleno a los trabajos realizados en la lengua glaciar Huillca, que forma parte del Pucajirca y del sistema Champará, en el norte de Cordillera Blanca (Morales B. , 1966).

Hasta el momento el glaciar Huillca no formaba parte de ninguna red de monitoreo, consideramos importante realizar mediciones glaciológicas sobre dicha lengua para poder recabar información que permitan entender el comportamiento del clima y los cuerpos de hielo en la zona norte de la Cordillera Blanca, dicha expedición se efectuó desde el 25 de abril al 03 de mayo del 2016.

Éste informe recopila información de la primera expedición (implementación inicial) y de la segunda, ambas dentro del periodo de estiaje en el año hidrológico 2016, es así que se realiza el cálculo del balance estacional en estiaje, revelando información importantísima de la deglaciación en éste periodo, después de un Fenómeno El Niño, el cual afectó de manera significativa a las cordilleras con cobertura glaciar en nuestro país.

En el análisis de la información de ablación en la lengua glaciar del Huillca, se ha encontrado una fusión medida de 6 m en mitad de la lengua glaciar y de hasta 8 m en el frente glaciar el cual cuenta con una pared de 15 metros de altura, los cálculos de espesor estimados con las topografías en la lengua glaciar es de 4 metros en mitad de la lengua y mayor a 5.5 m en el frente glaciar.

El balance de masas ha resultado muy negativo es de -1,140.8 mm equivalente de agua, un volumen de agua de -1,329,288.20 m<sup>3</sup> incrementando el caudal normal y en respuesta a los cambios rápidos y anomalías climáticas que han predominado durante y después del Fenómeno El Niño desde diciembre del 2015 y parte del 2016.

Las mediciones de retroceso glaciar promedio medido en el frente glaciar es 10.4 m, el cual se va modificando de manera acelerada por la fuerte dinámica glaciar.



## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El INAIGEM a través del equipo de Investigación en Glaciares viene realizando inspecciones técnicas a glaciares con potencial de monitoreo y lagunas peligrosas en las 19 cordilleras nevadas del país, iniciando en esta oportunidad la inspección e implementación glaciológica en el ámbito de la Cordillera Blanca.

Desde mayo del 2016 se da el inicio al estudio y monitoreo de la lengua glaciar Huillca, a través del método directo glaciológico integral, la segunda medición e inspección de las balizas implementadas se realizó en noviembre, después de 211 días en total.

Este informe técnico muestra los resultados obtenidos durante el periodo de estío (mayo – noviembre del 2016, considerándose 211 días de evaluación), análisis considerado de importancia dado el comportamiento anómalo de las precipitaciones e incremento de temperaturas en lo que va del año después de un Niño.

### **1.2 ANTECEDENTES**

En 1966, el glaciar Huillca tenía las siguientes características; se encontraba a 4,083 msnm y tenía una extensión aproximada de 2 km x 400 m. de ancho y una pendiente media de 1 a 2%, La pampa en general estaba exenta de muchas superficies pantanosas, rasgo común de la mayoría de las quebradas de la Cordillera Blanca. Por el centro corría un pequeño riachuelo que drena las aguas de la quebrada de Tayapampa y de la pequeña quebrada que baja del Pucajirca Norte, aguas que han erosionado considerablemente las morrenas que cerraban esta cubeta cortándolas hasta una profundidad aproximada de 40 a 50 m. (Morales B. , 1966).

En el año 2016, la lengua glaciar Huillca se encuentra a una altura de 4697.35 msnm. Tiene un ancho de 335.6 m x 1.5 km de longitud y una pendiente de 17.7% a 39.4% como máximo, sus drenajes discurren hacia la pampa Huillca y finalmente Tayapampa.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 GENERAL**

Efectuar las investigaciones glaciológicas en la lengua glaciar Huillca con el fin de continuar con el monitoreo continuo de la lengua glaciar y determinar las variaciones que se han producido durante la temporada de estiaje del año hidrológico 2016.

### 1.3.2 ESPECÍFICOS

- Perforaciones para instalar las balizas de madera para el control de ablación y acumulación.
- Levantamiento topográfico del frente glaciar y superficie.

### 1.4 UBICACIÓN Y ACCESO

#### Ubicación:

La zona de estudio geográficamente está ubicada en la vertiente Oriental y Occidental de la Cordillera Blanca, cuenca del río Santa y subcuenca del río Quitaracsa.

Políticamente se ubica en el distrito de Yuracmarca, provincia de Huaylas y departamento de Ancash (Véase, figura N°1).

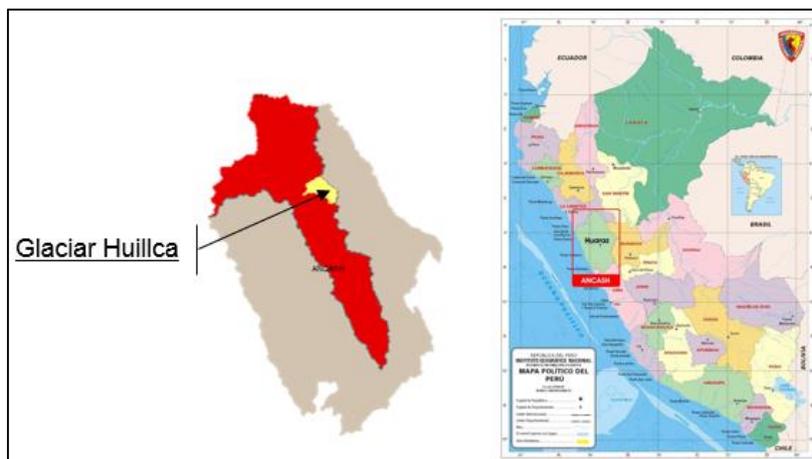


Figura N° 1: Ubicación de la subcuenca Quitaracsa.

#### Acceso:

Existen dos vías de acceso a la cabecera de la quebrada Quitaracsa, una es saliendo de la ciudad de Huaraz hacia el Norte hasta – Carhuaz, luego por el centro poblado de Shilla, vía túnel “Punta Olímpica”, hasta la ciudad de Chacas, luego hay dos caminos, el primero vía Lucma hasta Pomabamba y el segundo es desde Huaraz – Huallanca, luego hasta Sihuas, ambos caminos deben conducir hacia Palo Seco por vías afirmadas carrozables hasta la pampa Huillca; el equipo realizó el primer trayecto, el cual tomó un tiempo de recorrido es de 16:40 horas para una distancia es 343 km aproximadamente (Véase, figura N°2 y cuadro N°1).

Cuadro N° 1: Ruta de acceso hasta el glaciar Huillca.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (h)	Medio de Transporte
Huaraz – Cruce San Luis	Carretera Asfaltada	128.8	3:00 h.	Camioneta
San Luis – Palo seco	Carretera Afirmada	110.3	5:00 h.	Camioneta



Palo Seco – Pampa Huillca	Trocha Carrozable	31.4	1:50 h.	Camioneta
Pampa Huillca – Campamento base del Glaciar Huillca.	Camino de Herradura	66.5	4:00 h.	A pie
Campamento base del Glaciar Huillca – Lengua Glaciar Huillca.	Camino de Herradura	6.00	3:5 h.	
<b>Distancia Total Recorrida</b>		<b>343</b>	<b>16:40 h.</b>	

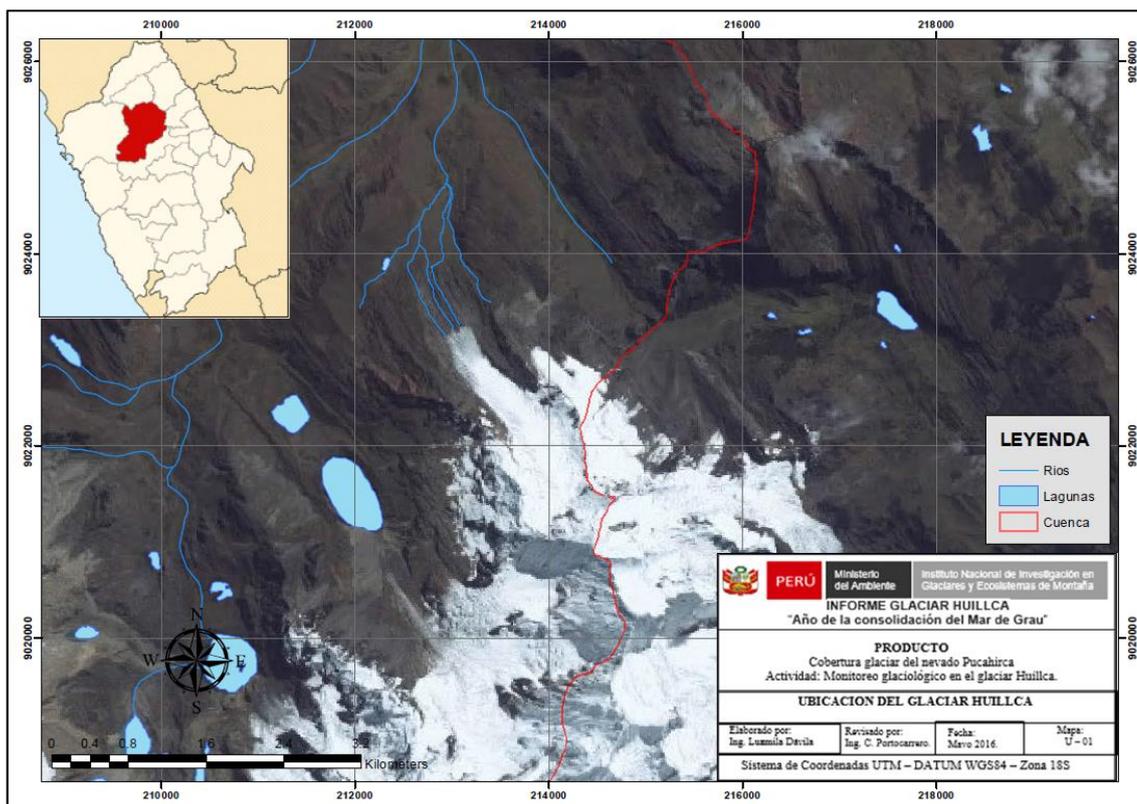


Figura N° 2: Ubicación del glaciar Huillca.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

Las actividades a realizar en la zona de estudio, deben considerar estos cinco pasos para un monitoreo glaciológico integral o completo (véase, figura N°3).



Figura N° 3: Esquema conceptual de la metodología a seguir en el monitoreo de glaciares.

Primero se debe cumplir con la visita de inspección y reconocimiento a la zona de estudio, luego caracterizar la zona de estudio, evaluando todo aspecto durante el acceso al glaciar que se desea estudiar; de ser favorables las condiciones se debe considerar la realización de los trabajos de perforación, hidrología y topografía, complementado con las propuestas de instalación de equipos que permitan obtener mayor información y mejores resultados.

## 2.2 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

### 2.2.1 MONITOREO GLACIOLOGICO

El método glaciológico directo es el empleado en el glaciar para su monitoreo, la implementación se inició en mayo, cuenta con una red de balizas en la zona de ablación, a noviembre del mismo año se reemplazó y aumentó la red de monitoreo con balizas en la zona de ablación, acopiando información glaciológica desde la implementación inicial. Es necesario mencionar que se viene implementando el método geodésico para determinación de balances de masas, el cual aún está en proceso.

Para ésta actividad se implementó con una serie de monumentaciones topográficas fijas y móviles, en el entorno a la lengua glaciar, en éste caso se realizó dos levantamiento uno en mayo y otro en noviembre del 2016, dicha información permitió conocer la dinámica glaciar con el desplazamiento y velocidad de las estacas sobre la lengua glaciar y el volumen perdido de agua de deglaciación en el Huillca.

Toda la información que se genere de los trabajos topográficos está el sistema de procesamiento CAD y SIG, se cuenta con las bases fijas con proyección WGS84, con sistema UTM de georreferenciación.



## **A. TRABAJO EN CAMPO.**

### **Perforación de Balizas en la Zona de Ablación.**

Las actividades de monitoreo del glaciar; se realizan dos veces al año, uno al final de la temporada húmeda y el segundo al final de la temporada seca, los trabajos consisten; instalación de balizas sobre el glaciar, levantamiento topográfico de la superficie glaciar y del frente glaciar.

Para el control de ablación es necesario contar con listones de madera de 1"x1" de sección transversal y de una longitud de 2.0 m, cada unidad flexiblemente por una unión de alambre pasante a través de agujeros practicados en los extremos de las mismas y contar con una perforadora de tipo térmica o mecánica (Kovack Drill). En cada una de las balizas (listones) se colocan una nomenclatura que identifica el número de baliza y el glaciar donde está instalada para su identificación, en la cual se le ha dado códigos diferentes, además se enumerado cada pieza de acuerdo al orden que ocupan en cada baliza. Las perforaciones se realizan en el eje central del glaciar y laterales cubriendo la mayor parte del área de estudios.

Junto a las perforaciones se realizan levantamiento topográfico de la superficie y frente glaciar, georreferenciación de las balizas; la información es utilizada para los cálculos de balance de masa, evolución de frente glaciar y estimación de desplazamiento del glaciar.

Una vez realizadas estas actividades, se mantiene una frecuencia de visitas, para ir registrando los valores emergentes de las balizas y así obtener la pérdida de capa de hielo en la superficie glaciar.

### **Excavación de Pozo en Nieve en la Zona de Acumulación.**

Dentro de las actividades de monitoreo se considera también la instalación de tubos de PVC de por lo menos 4 m de largo y de 2" de diámetro, se utiliza ceniza o algún tipo de marcador, para cubrir la superficie glaciar (como mancha), en un radio de 1.0m, alambres para anclar el tubo; al finalizar el año hidrológico en el lugar que se dejó instalado una tubería, se realiza la excavación de pozos hasta encontrar la superficie sucia, lo cual nos indicara la profundidad máxima de nieve acumulada de la última temporada de lluvia, de la poza se extraerá muestras de nieve con un muestreador de volumen conocido y es pesado para determinar la densidad de nieve a la profundidad que se extrajo la muestra; también se utiliza una perforadora de tipo Pico, lo que nos permitirá extraer muestras.



A la par y luego de encontrar la capa basal del año hidrológico anterior, se deja ubicado un nuevo tubo de PVC 2” el cual será nuestra marca para las siguiente medición, vale mencionar que el punto de ubicación del pozo de acumulación también debe ser georeferenciado, si es posible e ideal por la estación total, sino fuera el caso entonces con un GPS navegador.

## **B. TRABAJO EN GABINETE.**

La toma medidas de la emergencia de cada una de las balizas son recolectadas bimensualmente, lo que nos permite -por diferencia- una aproximación de la cantidad de hielo que se ha fusionado en el glaciar en un periodo determinado. Conociendo la densidad promedio (0.9), es posible hacer una estimación de la fusión en metros equivalente de agua (m.eq.a). Esta unidad depende de la densidad del lugar y los resultados finalmente se pueden conocer en volumen y caudal.

Obteniéndose finalmente la ablación durante el periodo que se evaluará y estudiará (año hidrológico) por cada baliza, nos permite conocer por medio de interpolación el valor de ablación entre balizas, estableciendo así las líneas o Isolíneas que nos permitirán conocer las regiones de pérdidas y sus valores de cada una de ellas.

Con el levantamiento topográfico se obtiene datos de la superficie del glaciar, identificar las zonas de ablación y acumulación, además el límite del glaciar o frente glaciar y ubicación de las balizas la que nos permite conocer el desplazamiento y velocidad de cada baliza.

### **2.3 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

La información recopilada durante los días de trabajo en campo, pasará por los siguientes procesos, con las siguientes herramientas técnicas para procesamiento (Véase, Figura N° 4):



Figura N° 4: Esquema conceptual del procesamiento de información.

Para la realización de estos procesos, se utilizó software de diseño y dibujo como Autocad, ArcGis, Civil 3D, Office (Excel y Word).

Procesados debidamente con anterioridad, se establece las líneas o cotas que se consideraran en el área de estudio, una vez establecidas las cotas a usarse en el estudio se superponen las Isolíneas antes determinadas para obtener las áreas representativas por alturas y valores de ablación sobre el glaciar, esta información se procesa en Excel, y las áreas se calculan en AutoCAD; ésta información generada de las capas de Isolíneas, área total y cotas nos permitirá conocer el aporte por rango altitudinal en toda la área de estudio del glaciar.

Estas herramientas se utilizarán tanto para el almacenamiento de datos, procesamiento de la información, codificación, sistematización y obtención de los resultados.

### 3 AMBITO DE ESTUDIO

El glaciar Huillca se encuentra ubicado en la subcuenca Quitaracsa, dentro de la cuenca del Santa, tiene mucha importancia por los proyectos hidroeléctricos que se benefician del agua de desglaciación que discurre en la quebrada.

El glaciar Huillca, se encuentra en el sector central de la Cordillera Blanca, dentro del sistema Santa Cruz, el cual tiene un total de 70.78 km<sup>2</sup> y representa el 13.41% de cobertura glaciar de toda la Cordillera Blanca, en la sub cuenca Quitaracsa y sus aguas desembocan a la vertiente del Pacífico, la subcuenca tiene una superficie de 387.12 km<sup>2</sup> y la superficie glaciar que tiene la sub cuenca Quitaracsa es de 21.70 km<sup>2</sup>, la comparación de la superficie de la subcuenca con la superficie glaciar es de 5.6%

#### 3.1 Caracterización

La subcuenca Quitaracsa es una de las quebradas más septentrionales de la Cordillera Blanca y la de mayor superficie en la región, con cerca de 400 km<sup>2</sup> de los cuales sólo 38 km<sup>2</sup>



están cubiertas por el hielo. esta subcuenca está rodeada por los importantes campos nevados del Champará al Norte y los conocidos sistemas del Pucajirca, Alpamayo, Pilanco al Sur y Este respectivamente, limita al Este por la divisoria continental de aguas y al Oeste por el río Santa al cual confluyen las aguas (Morales B. , 1966).

La zona de estudio representa en su generalidad superficies de puna que están a unas alturas que fluctúan entre los 4000 y 4,800 msnm y cuya morfología es típicamente glaciar. Se observa en toda la región restos y testigos de antiguas acciones del hielo a lo largo de las quebradas y pampas ahora desprovistas del helado manto (Morales B. , 1966).

El glaciar Huilca, se encuentra ubicado dentro de la pequeña quebrada del mismo nombre, que a la vez se encuentra dentro de la quebrada Collota y subcuenca Quitaracsa, las aguas discurren por los pequeños poblados río abajo, como: Yanacocha, Rayan, Secsi, Tingo de Siempre Viva, Quitaracsa, Champará, Pachma Alto y bajo; el río se denomina Quitaracsa, el cual es un afluente del río Santa (Véase, figura N°5).

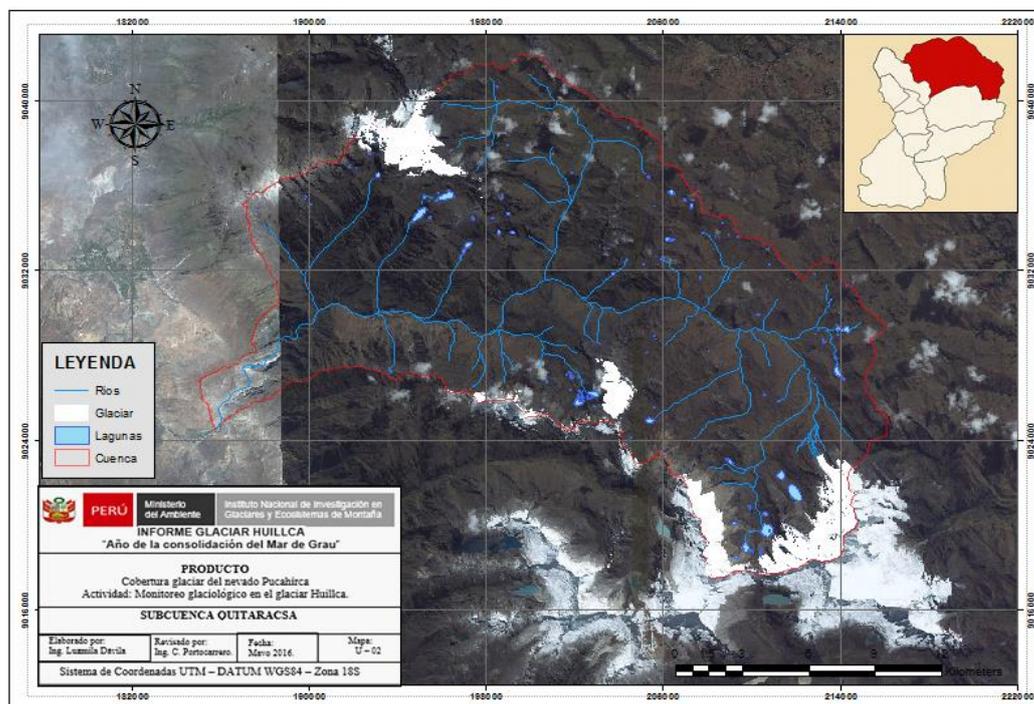


Figura N° 5: Subcuenca Quitaracsa.

### 3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial

La quebrada de Huilca congrega una serie de picos como: el nevado Pucajirca Norte, Centro y Oeste. Además dentro de la quebrada se encuentran los nevados Alpamayo, Pucarashta, Quitaraju, Pilanco, entre otros, que gozan de un atractivo turístico incomparable y muchas de las expediciones al Alpamayo se orientan por ésta zona.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 MONITOREO GLACIOLOGICO

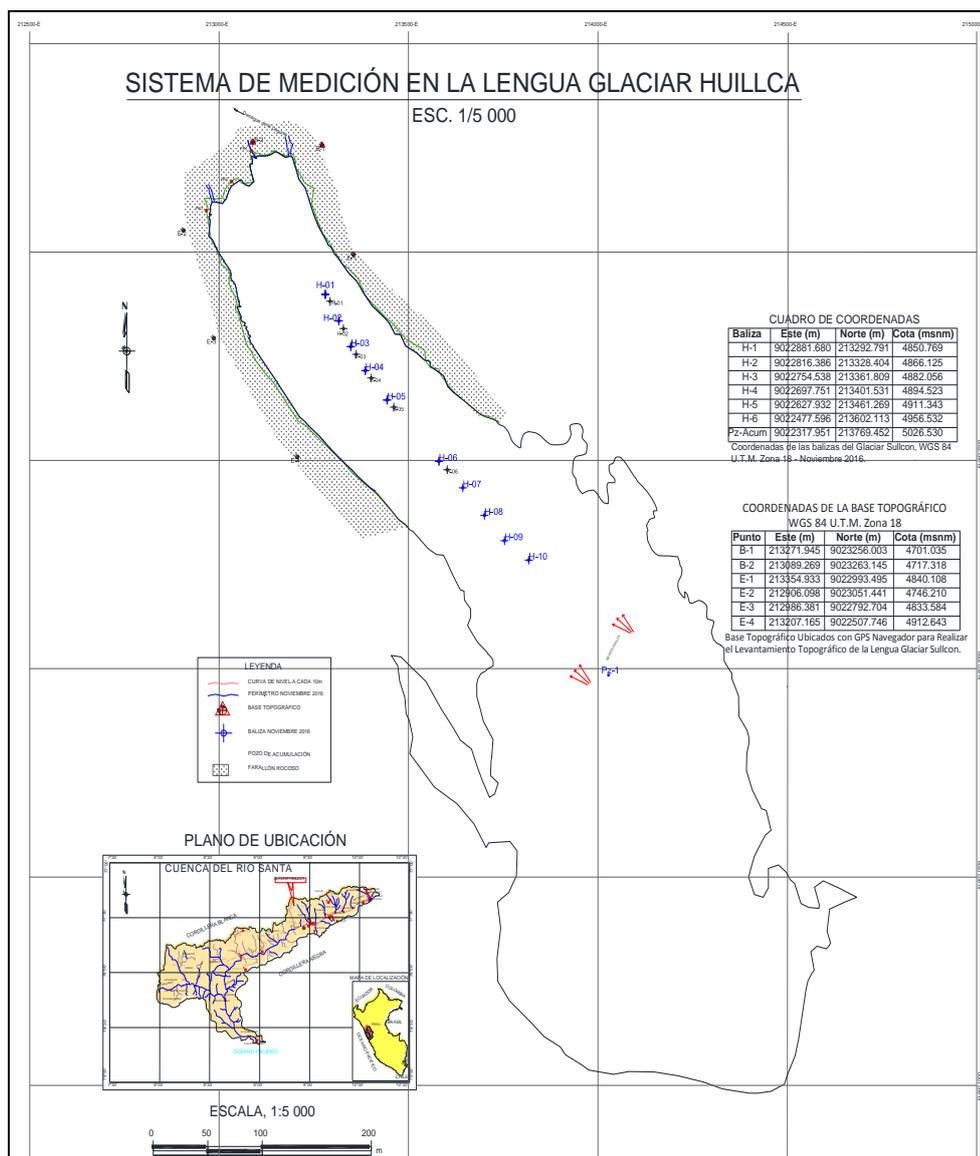
El glaciar Huillca es un cuerpo de hielo expuesto, en términos de caracterización y evaluación de la zona de estudio para un monitoreo directo, el glaciar cumple con las condiciones para ser monitoreado, dado que el frente glaciar está definido, su aguas discurren hacia una sola quebrada, el acceso al glaciar es por aproximadamente 3 horas, y las acémilas hacen una aproximación de hasta 80 m al glaciar.

#### 4.1.1 SISTEMA DE MEDICIÓN ESTABLECIDO

En el sistema de medición establecida en mayo del 2016, por las condiciones y características del glaciar se determinó una red en el eje central con un pozo en la zona de acumulación.

Para éste informe se utilizaron las mediciones de las balizas implementadas en mayo, con datos a ablación para noviembre del mismo año, pudiéndose realizar una análisis de temporada o periodo de estío 2016, por un periodo de 211 días.

Las balizas establecidas en la zona de ablación, implementadas en mayo se encuentran dentro del rango altitudinal de 4700 msnm al 4956.5 msnm; se ha considerado una distancia de 25 metros entre cotas para el análisis del balance de estío, considerándose como rango altitudinal menor a 4700 – 4725 msnm y teniendo como máxima cota a 5700 msnm. (Véase, Mapa N°01).



Mapa N° 1: Sistema de medición de la red de monitoreo en el glaciar Huillca.

#### 4.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El trabajo de campo se inició con el reconocimiento del terreno y ubicación de las bases topográficas que fueron monumentadas con 2 bases topográficas, que serán usadas para el control, horizontal y vertical; estos puntos se ubican teniendo en cuenta los criterios de seguridad y visibilidad, cuyas dimensiones de los puntos monumentados son de 0.20 m de diámetro y una profundidad de 0.35 m, llevan un anclaje de perno empotrada en el bloque de concreto, las nomenclaturas que llevan los puntos son: B-1 y B-2, Para la obtención de sus coordenadas de las bases se utilizó un rastreador satelital GPS Navegador marca “GARMÍN OREGON 650”; estas bases se usaron para realizar el



levantamiento topográfico de la superficie, perímetro, georreferenciación de las balizas (Véase, figura N°6, 7, 8 y Cuadro N°2).



Figura N° 6: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.

Cuadro N° 2: Base Topográfico Ubicados con GPS Navegador para Realizar el Levantamiento Topográfico de la Lengua Glaciar Huillca.

COORDENADAS DE BASES TOPOGRAFICAS			
PUNTO	ESTE (m.)	NORTE (m.)	COTA(msnm)
B-1	213271.945	9023256.003	4701.035
B-2	213089.269	9023263.145	4717.318
E-1	213354.933	9022993.495	4840.108
E-2	212906.098	9023051.441	4746.210
E-3	212986.381	9022792.704	4833.584
E-4	213207.165	9022507.746	4912.643



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

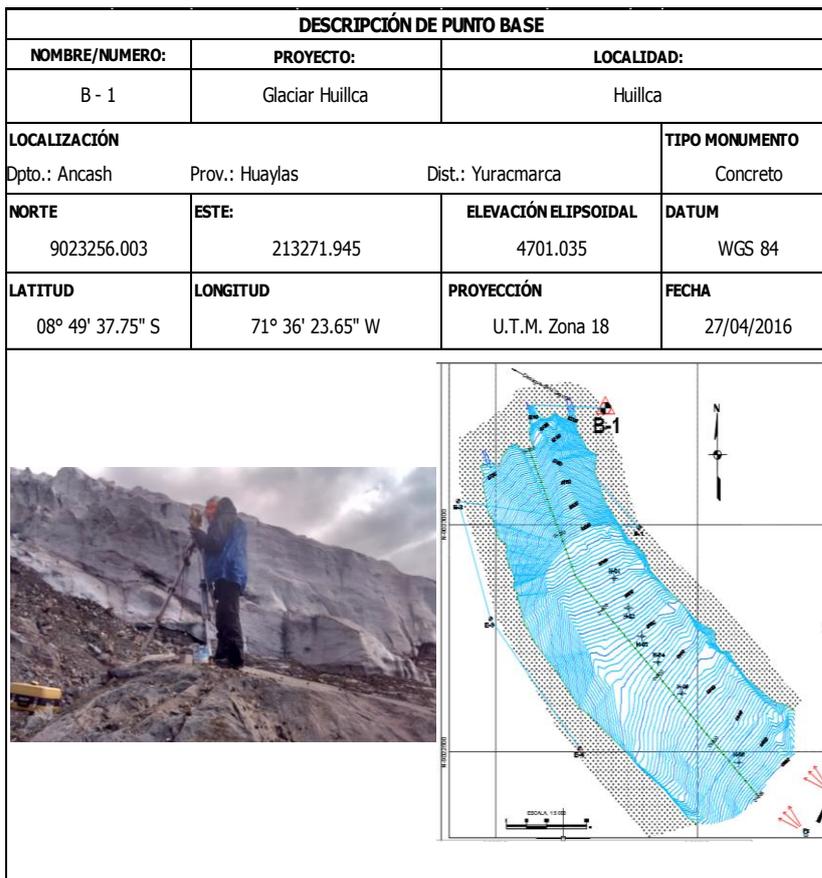


Figura N° 8: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.

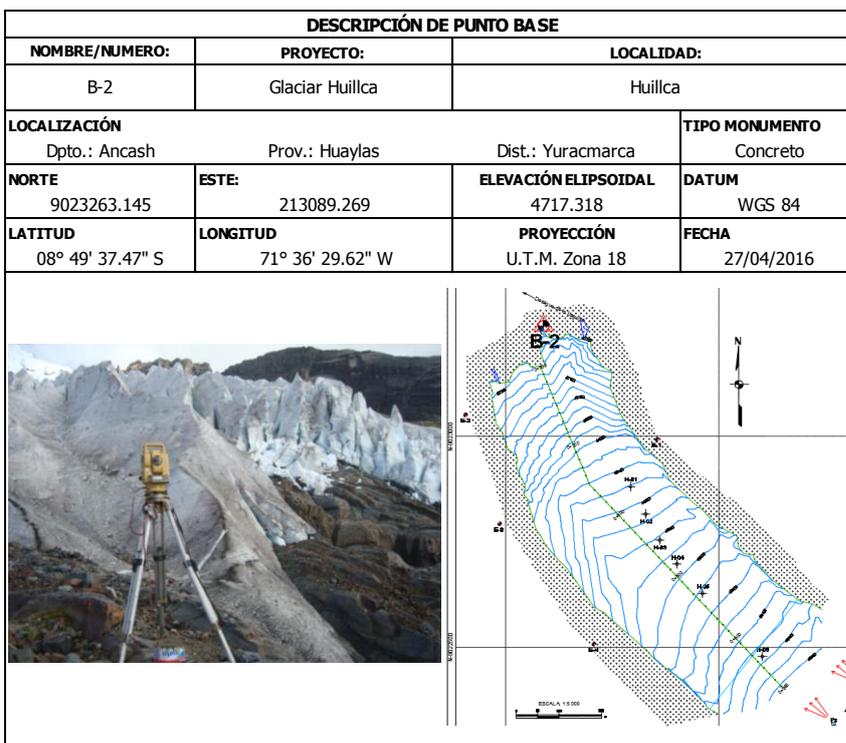




Figura N° 9: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.

#### 4.1.3 RETROCESO GLACIAR

En abril se estableció tres puntos exclusivos (PR1, PR2 y PR3), para medir el retroceso glaciar, para la medición del retroceso del frente glaciar y cuatro puntos auxiliares de apoyo para realizar las lecturas (Véase Cuadro N°3).

Cuadro N° 3: Hitos de Control del Retroceso del Frente Glaciar.

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (msnm)	DISTANCIA TOTAL (m)	RETROCESO
					29/abr/2016 - 26/nov/2016
PR1	213084.66	9023244.07	4704.14	12.24	12.24
PR2	213032.55	9023169.49	4722.22	9.41	9.63
PR3	212966.51	9023099.46	4727.64	9.63	9.41
<b>PROMEDIO</b>					<b>10.43</b>

Se ha optado por hacer las mediciones a un ángulo de 39.28° con una dirección Sur Este en los tres puntos de control de retroceso.

El retroceso de la lengua glaciar Huilca tiene un promedio estacional (7 meses) de 10.43 m para el periodo comprendido de mayo a noviembre del 2016, sin embargo es posible observar que la dinámica glaciar está generando cambios muy rápidos en el glaciar, como en el frente se producen desplomes de bloques grandes de hielo que modifican el perímetro y sus fluctuaciones las cuales serán variadas según se ha estado viendo, influenciada por los cambios en los factores ambientales y atmosféricos como las variaciones climáticas extremas como los ENSO y cambio climático, generando una serie de procesos físicos como la sublimación, evaporación y fusión. (Ver Cuadro N°4, Mapa N°2).

Cuadro N° 4: Comparaciones Topográficas a los meses 24 de abril de 2016 a 26 de noviembre de 2016.

COMPARACIONES TOPOGRÁFICAS			
Descripción	29-abr-16	26-nov-16	Diferencia
Cota Alta	5026.53	5031.741	5.211
Cota Baja	4697.35	4698.9	1.550
Pendiente Promedio (%)	25.94%	27.40%	1.46%
Área Glaciar (m <sup>2</sup> )	1345999.641	1334776.806	-11222.835
Área Acumulación (m <sup>2</sup> )	--	795,816.28	--
Área Ablación (m <sup>2</sup> )	--	538,960.53	--

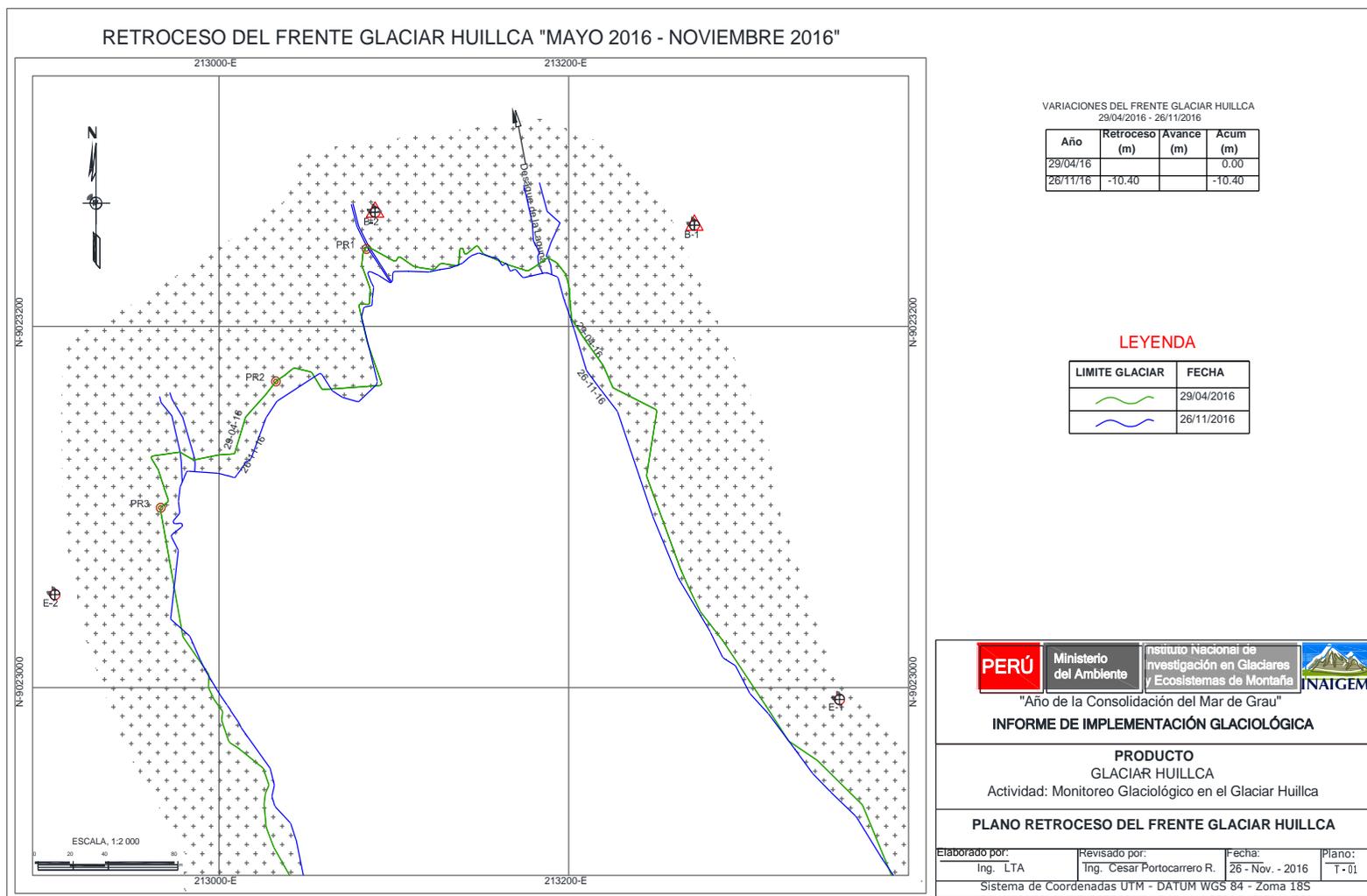


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Mapa N° 2: Retroceso glaciar de la lengua glaciar Huillca en 7 meses en el 2016.



#### 4.1.4 MEDICION DE ACUMULACION

La zona de acumulación cuenta con un área de 795,816.281 m<sup>2</sup> a noviembre del 2016, es superior al área en la zona de ablación, lo que indica que forma parte de un sistema glaciar de volumen y superficie considerable como es el nevado Pucajirca (Véase, Imagen N°1, fotografía N°1 y Cuadro N°5).

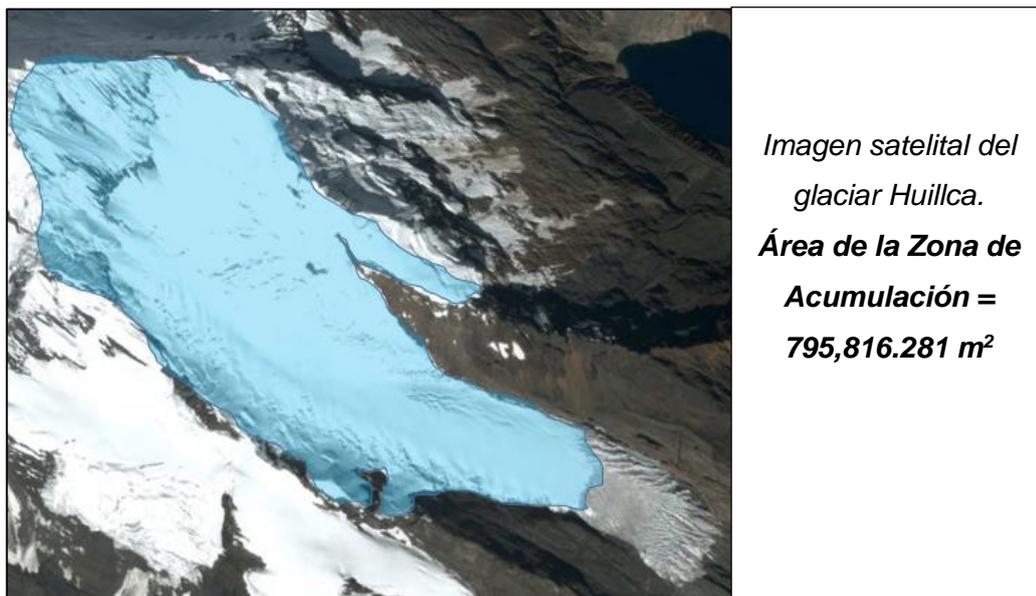


Imagen N° 1: Zona de Acumulación de la lengua glaciar Huillca.



Fotografía N° 1: Actividades de extracción de la muestra de nieve para determinar la densidad en el glaciar Huillca.

Cuadro N° 5: Densidad de pozo de acumulación en el glaciar Huillca.

**POZO 01 - GLACIAR HUILLCA**

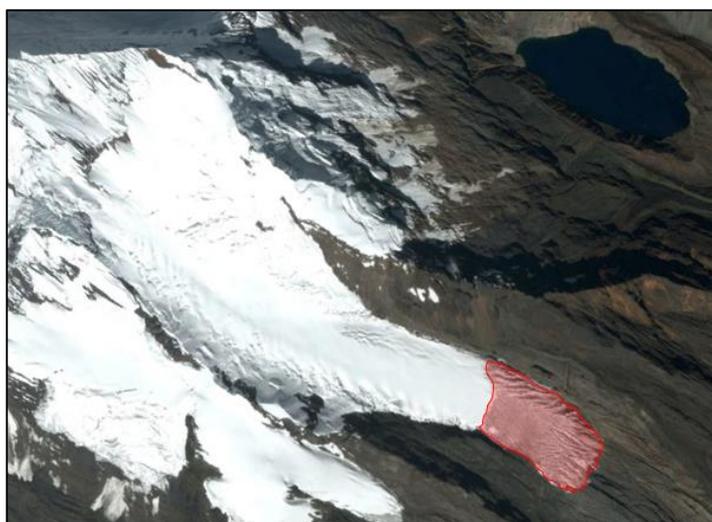
FECHA:					COORDENADAS UTM		
					ESTE	NORTE	ALTITUD
24/11/2016					214,027.8 85	9021984.5 87	5,138.88
POZO 01 Muestra	Long. Muestra (cm)	Prof. Acumulación (cm)	Peso (g)	Vol. muestra cm <sup>3</sup>	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Equiv. Agua (mm)	Observaciones
1	48	48	1221. 4	2293.61	0.53	255.61	Presencia de escasa nieve fresca. Y posteriormente nieve granular compacta.
2	25.5	73.5	669.9	1218.48	0.55	140.19	
3	12	85.5	314.7	573.40	0.55	65.86	
	<b>0</b>	<b>85.5</b>		<b>0.00</b>	<b>0.55</b>	<b>461.66</b>	
<b>Nota: La profundidad total del pozo fue de 85.5 cm</b>						<b>0.5</b>	

Características del Perforador de Pico:

Altura	cm:	h=	114.00
Diámetro	cm:	D=	7.80

**4.1.5 MEDICIÓN DE ABLACIÓN**

La superficie glaciar en la zona de ablación cuenta con una área de 538,960.525 m<sup>2</sup>, ésta superficie es mucho menor a la de la zona de acumulación (Véase, Imagen N°2).


*Imagen satelital del glaciar Huillca.*

**Área de la Zona de Ablación = 538,960.525 m<sup>2</sup>**

Imagen N° 2: Zona de Ablación del glaciar Huillca.

Las mediciones y perforaciones se realizaron durante la primera expedición (mayo) y la segunda (noviembre), utilizando equipos estandarizados en el estudio de glaciares a nivel global (Véase, fotografía N°2 y 3).



Fotografía N° 2: Personal técnico realizando perforación en la zona de ablación.



Fotografía N° 3: Personal técnico realizando instalación de balizas en la zona de ablación.

Inicialmente se implementó la red con 6 puntos de control (balizas), a noviembre existe 10 puntos de control en la red, se tiene la siguiente información recopilada a noviembre (Véase, Cuadro N°6).



Cuadro N° 6: Ablación por punto de control en la red existente sobre el glaciar Huillca.

Balizas	Ablación (27/04/2016 - 24/11/2016)	Ablación (mm eq w.)	ESTE	NORTE	COTA 29/04/16	COTA 26/11/16
BH - 1	-616.0	-5.5	213292.8	9022881.7	4850.8	4842.4
BH - 2	-548.0	-4.9	213328.4	9022816.4	4866.1	4857.5
BH - 3	-526.0	-4.7	213361.8	9022754.5	4882.1	4873.7
BH - 4	-528.0	-4.8	213401.5	9022697.8	4894.5	4886.3
BH - 5	-577.5	-5.2	213461.3	9022627.9	4911.3	4902.9
BH - 6	-537.0	-4.8	213602.1	9022477.6	4956.5	4944.6

### Balance glaciar

El Balance de masa es la diferencia en un periodo determinado del volumen de nieve depositada en equivalente de agua en la zona de acumulación que es positivo, sumado a las pérdidas en volumen en la zona de ablación en equivalente de agua, que es negativo.

El balance de masa se determina considerando el periodo hidrológico o año hidrológico, también es posible hacer el cálculo por temporada estacional (en época de precipitaciones y estiaje), ese es el caso de éste estudio, considerando los grandes cambios en pocos meses y habiendo pasado por un Fenómeno El Niño, es importante hacer un análisis de lo que sucede en nuestros glaciares.

Se observa la distribución de áreas por rango altitudinal, con una amplitud entre rangos altitudinales de 25 m, siendo el primero (4700 – 4725), se utilizó las curvas de nivel de los mapas al 1:25,000 de COFOPRI para las zonas donde existe un poco de incertidumbre como la zona de acumulación.

### Ablación estacional – Estiaje

#### Balance estacional por rango altitudinal en la zona de ablación

Se estudió información glaciológica desde el 27 de mayo al 24 de noviembre del 2016 equivalente a 211 días de evaluación, dicho periodo se caracterizó por la ausencia de precipitaciones (época o temporada de estiaje), incremento de temperaturas, proceso de sublimación sobre la superficie glaciar, con la formación de penitentes (Véase, fotografía N°4).



Fotografía N° 4: Superficie glaciar con penitentes producto de la sublimación.

Se ha determinado un volumen de fusión de 1'859,016.842 m<sup>3</sup>, el en siguiente cuadro es posible observar la fusión según rango altitudinal (Véase, Cuadro N°7).

Cuadro N° 7: Aporte en volumen del proceso de fusión glaciar en la zona de ablación.

Rango de altitud (msnm)	Área (m <sup>2</sup> )	Balace por rango altitudinal (m)	Volumen fusionado (m <sup>3</sup> )
4700 - 4725	3257.6402	-6.91	22524.94
4725 - 4750	15223.1007	-6.56	99892.94
4750 - 4775	20849.734	-6.21	129463.65
4775 - 4800	19674.9019	-5.86	115232.01
4800 - 4825	22880.3101	-5.50	125938.67
4825 - 4850	32201.4441	-5.15	165891.32
4850 - 4875	35542.6659	-4.80	170573.12
4875 - 4900	44705.6763	-4.45	198785.76
4900 - 4925	41662.7037	-4.09	170566.26
4925 - 4950	30978.1274	-3.74	115902.03
4950 - 4975	27745.3833	-3.39	94024.96
4975 - 5000	23955.7146	-3.04	72736.40
5000 - 5025	28127.0901	-2.68	75485.27
5025 - 5050	32835.8108	-2.33	76545.42
5050 - 5075	36130.1631	-1.98	71486.86
5075 - 5100	33531.8649	-1.63	54523.74
5100 - 5125	60087.9966	-1.27	76519.85
5125 - 5150	20532.9544	-0.92	18908.77
5150 - 5175	5856.7915	-0.57	3328.61
5175 - 5200	3180.4515	-0.22	686.24
<b>Volumen de agua fusionada</b>			<b>1'859,016.842</b>



### Acumulación estacional

#### Balance estacional por rango altitudinal en la zona de acumulación

Se estudió información glaciológica obtenida en la muestra del pozo de acumulación, dicha muestra se perforó hasta ubicar a la capa basal o la mancha de material particulado depositada al final del periodo de estiaje del año anterior (2015), siendo de una profundidad de 85.5 cm con la información de la densidad determinada en dicha perforación, espesor antes mencionado se determinó el volumen acumulado de 529,728.64 m<sup>3</sup>, valor menor a la de fusión, motivo por el cual se tiene un balance muy negativo en tan sólo 7 meses, en el siguiente cuadro se puede observar dicha información a mayor detalle (Véase, Cuadro N°8).

Cuadro N° 8: Aporte de nieve y volumen acumulado en la zona de acumulación.

Rango de altitud (msnm)	Área (m <sup>2</sup> )	Balance por rango altitudinal (m)	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )
5200 - 5700	795,816.281	0.67	529,728.64
<b>Volumen de agua acumulada</b>			<b>529,728.64</b>

#### Balance neto específico estacional (Mayo – Noviembre) por rango altitudinal

Para el balance neto calculado en el periodo de estiaje (mayo a noviembre del 2016), se usa la información en equivalente de agua y hace la diferencia de lo obtenido en la zona de ablación y acumulación.

Balance neto por rango altitudinal en el glaciar Huillca (Véase, Cuadro N°9).

Cuadro N° 9: Balance estacional de masas en volumen y milímetros equivalente de agua.

Volumen fusionado (m <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )	Balance estacional de masas (m <sup>3</sup> )	Balance neto específico en (mm equivalente de agua)
1,859,016.84	529,728.64	-1,329,288.20	-1,140.84

Para mayor detalle, se presenta en la siguiente tabla el balance por rango altitudinal (Véase, Cuadro N°10).

Cuadro N° 10: Balance neto específico por rango altitudinal.

	Área (m <sup>2</sup> )				



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

Rango de altitud (msnm)	Altitud media (msnm)		Área (Km <sup>2</sup> )	Área relativa	Balance neto por rango altitudinal (mm)	Balance neto esp. (mm eq agua)
4700 - 4725	4712.5	3257.64	0.00	0.00	-5500.00	-13.42
4725 - 4750	4737.5	15223.10	0.02	0.01	-5500.00	-62.73
4750 - 4775	4762.5	20849.73	0.02	0.02	-5500.00	-85.91
4775 - 4800	4787.5	19674.90	0.02	0.01	-5500.00	-81.07
4800 - 4825	4812.5	22880.31	0.02	0.02	-5500.00	-94.28
4825 - 4850	4837.5	32201.44	0.03	0.02	-5369.18	-129.53
4850 - 4875	4862.5	35542.67	0.04	0.03	-5000.00	-133.14
4875 - 4900	4887.5	44705.68	0.04	0.03	-5000.00	-167.46
4900 - 4925	4912.5	41662.70	0.04	0.03	-4782.77	-149.29
4925 - 4950	4937.5	30978.13	0.03	0.02	-4500.00	-104.44
4950 - 4975	4962.5	27745.38	0.03	0.02	-4402.41	-91.51
4975 - 5000	4987.5	23955.71	0.02	0.02	-4061.96	-72.90
5000 - 5025	5012.5	28127.09	0.03	0.02	-2982.03	-62.84
5025 - 5050	5037.5	32835.81	0.03	0.02	-2128.12	-52.35
5050 - 5075	5062.5	36130.16	0.04	0.03	-1481.00	-40.09
5075 - 5100	5087.5	33531.86	0.03	0.03	-1375.30	-34.55
5100 - 5125	5112.5	60088.00	0.06	0.05	-1151.56	-51.84
5125 - 5150	5137.5	20532.95	0.02	0.02	-475.15	-7.31
5150 - 5175	5162.5	5856.79	0.01	0.00	-736.42	-3.23
5175 - 5200	5187.5	3180.45	0.00	0.00	-345.73	-0.82
5200 - 5700	5450	795816.28	0.80	0.60	499.62	297.88
<b>Balance de masa en estío (mayo – noviembre del 2016)</b>						<b>-1,140.84</b>



### Línea de equilibrio

La altura de la línea de equilibrio (ELA = Equilibrium Line Altitude) ha sido determinada analíticamente y corresponde gráficamente a la intersección de la curva  $Z = f(Bn)$  y al eje de las abscisas ( $Bn = 0$ ); donde para el periodo en evaluación (mayo – noviembre) corresponde a la altura 5197.9 msnm la ecuación que más se ajusta es una Polinómica de tercer orden (Véase, Grafico N°1).

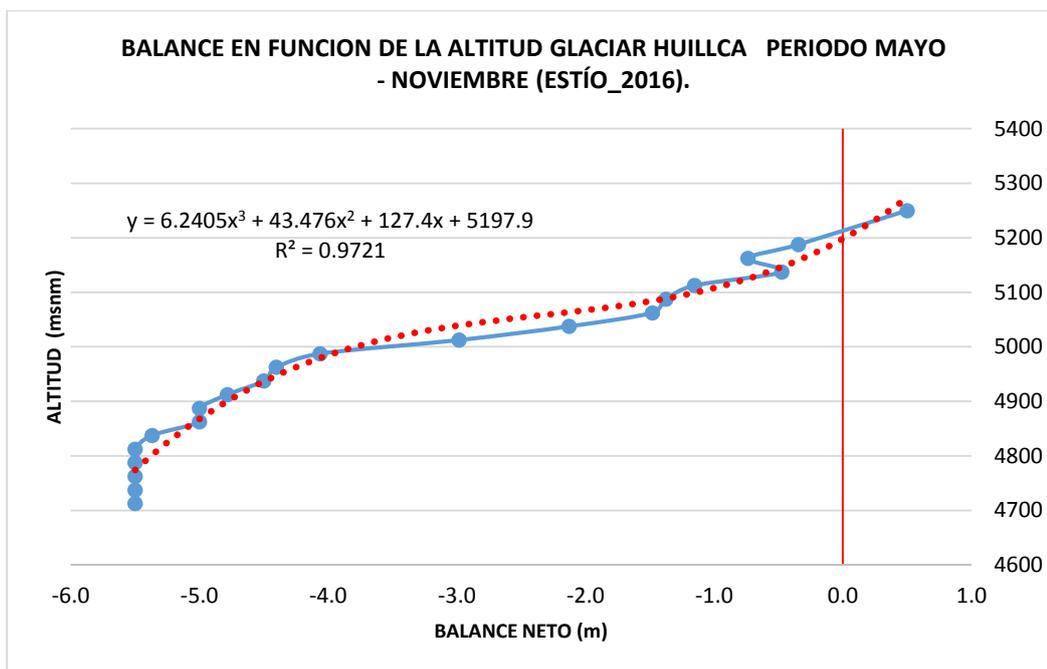


Grafico N° 1: Balance en función de la altitud - ELA.

Acumulación Área Ratio (AAR), es el área total del glaciar y superficie parcial que corresponde a la zona de acumulación expresada porcentualmente, dicho valor es 59.6% para la lengua glaciar Huillca.

### Dinámica y geometría glaciar

Estas variables están representadas en la siguiente tabla, el levantamiento topográfico se realizó con estación total de alta precisión (Véase, Cuadro N°11).

BALIZA (29/04/2016)	NORTE (m)	ESTE (m.)	COTA (msnm)	BALIZA (26/11/2016)	NORTE (m)	ESTE (m.)	COTA (msnm)	Desplazamiento (m)	Velocidad (m/año)	Dif. Altura (m)
BH -1	9022881.680	213292.791	4850.77	BH -1	9022898.385	213280.868	4 842.37	20.5	35.5	8.40
BH -2	9022816.386	213328.404	4866.13	BH -2	9022834.587	213315.651	4 857.51	22.2	38.4	8.61



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

BH -3	9022754.538	213361.809	4882.06	BH -3	9022773.048	213347.941	4873.69	23.1	40.0	8.37
BH -4	9022697.751	213401.531	4894.523	BH -4	9022715.577	213386.395	4 886.25	23.4	40.5	8.27
BH -5	9022627.932	213461.269	4911.343	BH -5	9022645.180	213443.633	4 902.88	24.7	42.7	8.47
BH -6	9022477.596	213602.113	4956.532	BH -6	9022498.201	213580.41	4944.60	29.9	51.8	11.93

Cuadro N° 11: Desplazamiento, velocidad y ubicación de balizas en la red de monitoreo.

La ubicación de las balizas están expresadas en coordenadas UTM, sistema WGS84, el desplazamiento está referido en m. Mayor desplazamiento se puede observar en la parte central de la lengua glaciar en la baliza N°06 (BH – 6), sobre los 4956.532 msnm y menor en la parte terminal de la lengua a 4850.77 msnm (Véase, Grafico N°2 y Mapa N°2).

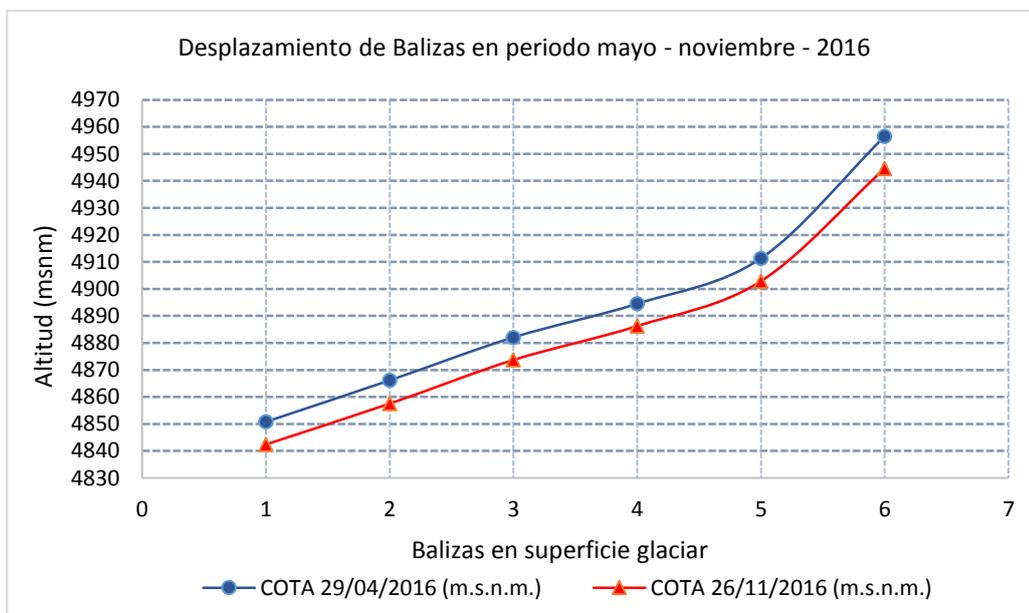


Grafico N° 2: Desplazamiento de las balizas en la superficie glaciar.

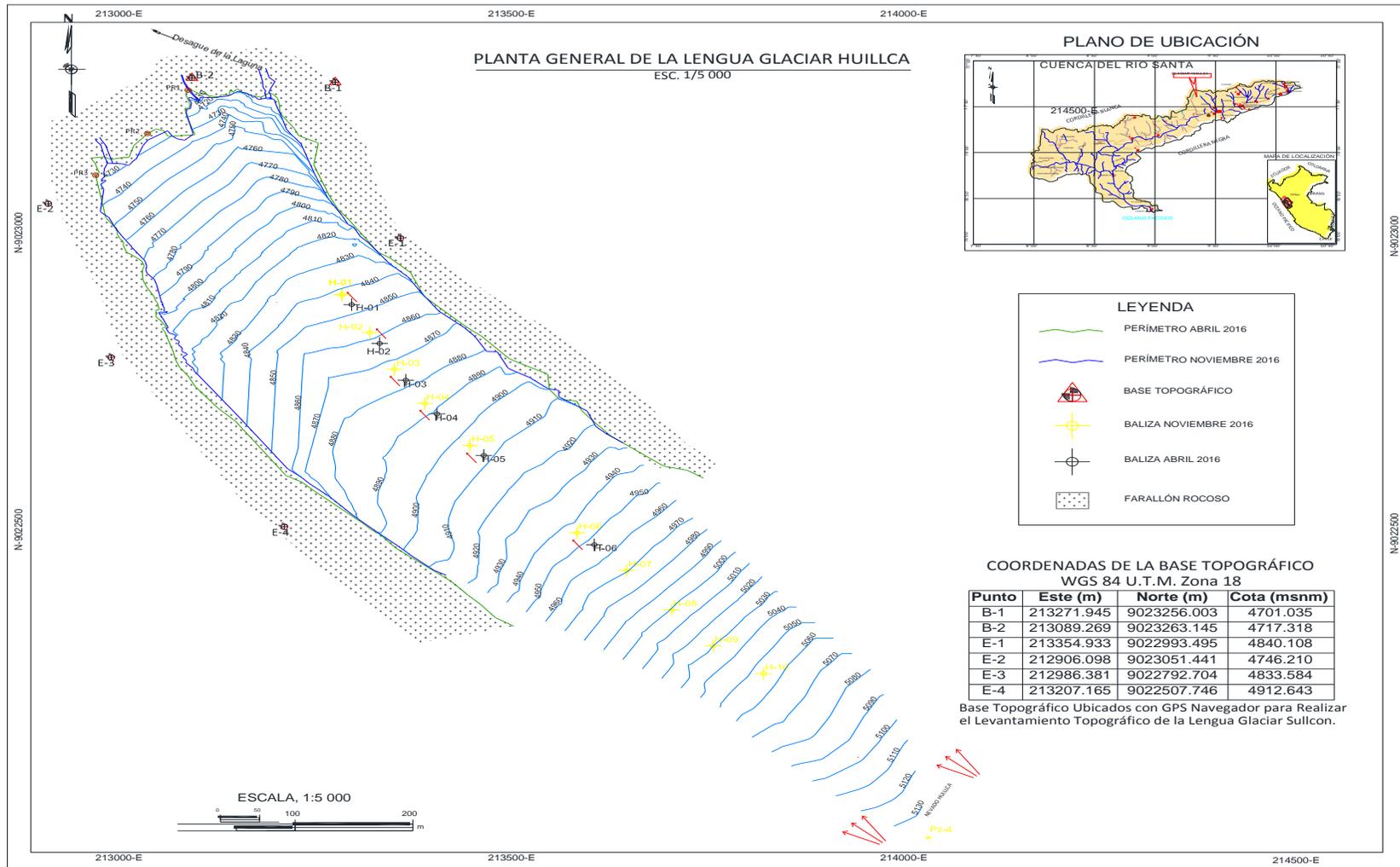


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Mapa N° 3: Desplazamiento de balizas sobre el glaciar Huilca de mayo a noviembre del 2016.



## 5 CONCLUSIONES

- 5.1** En el análisis de la información de ablación en la lengua glaciar del Huillca, se ha encontrado una fusión medida de 6 m en mitad de la lengua glaciar y de hasta 8 m en el frente glaciar el cual cuenta con una pared de 15 m de altura, los cálculos de espesor estimados con las topografías en la lengua glaciar es de 4 metros en mitad de la lengua y mayor a 5.5 m en el frente glaciar.
- 5.2** El balance de masas ha resultado muy negativo es de -1,140.8 mm equivalente de agua, un volumen de agua de -1,329,288.20 m<sup>3</sup> incrementando el caudal normal y en respuesta a los cambios rápidos y anomalías climáticas que han predominado durante y después del Fenómeno El Niño desde diciembre del 2015 y parte del 2016.
- 5.3** Las mediciones de retroceso glaciar promedio medido en el frente glaciar es 10.4 m, el cual se va modificando de manera acelerada por la fuerte dinámica glaciar.
- 5.4** Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Huillca, a escala 1:2000; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 28,857 hectáreas de área glaciar. Se observó una pendiente de 25.9%.

## 6 RECOMENDACIONES

- 6.1** Realizar mediciones periódicas por lo menos dos veces al año, con la finalidad de llevar un control de ablación en el glaciar.
- 6.2** Continuar con el monitoreo topográfico del glaciar Huillca, para generar información como altura de ablación, dinámica del movimiento de la lengua glaciar, dirección de movimiento y la distancia de retroceso del frente glaciar.



- 6.3 Es indispensable contar con un DEM de alta resolución, con la finalidad de realizar cálculos de volúmenes en los bloques de hielo del nevado Pucajirca.
- 6.4 La implementación de una estación meteorológica a fin de evaluar el comportamiento climático en la zona de estudio.
- 6.5 La instalación de dos pluviómetros totalizadores en la zona de estudio.
- 6.6 La visita de un geólogo a la zona para determinar y mapear las formaciones geológicas y geoformas.
- 6.7 Poner a disposición de las autoridades locales y regionales el presente informe y programar de manera conjunta con el INAIGEM las acciones futuras de monitoreo y evaluación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANA. (2014). *INVENTARIO DE GLACIARES D ELA CORDILLERA BLANCA*. Huaraz: ANA.
- ANA, U. (2010). *Inventario de lagunas de la Cordillera Blanca*. Huaraz: UGRH.
- Claperton. (1993). Quaternary Geology and Goemorphology of South America. *El sevier*, 779.
- Electroperu. (1979). *Estudio Integral para el Aprovechamiento de la cuenca del Río Santa, Informe general de la investigación Geologicas, Topograficas y los estudios Glaciologicos en toda la cuenca "Informe B - 4" Vol III "Glaciología"*. Sao Paulo: HIDROSERVICE.
- Francou & Pouyaud. (2004 - a). Métodos de observacion de glaciares en los Andes tropicales. *Curso 1:Definiciones – Fluctuaciones - Balance de masa - Dinámica - Balance mensual*.(23), 29.
- Francou & Pouyaud. (2008 - b). Balance de Masa de un Glaciar. *pdf, publicacion*.
- Francou, B & Pouyaud, B. (2004). *MÉTODOS DE OBSERVACIÓN DE GLACIARES - IRD*. Francia: GLACIOGLIM.



GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO. (2012). *PROYECTO FORTALECIMIENTO DEL DESARROLLO DE CAPACIDADES EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA REGIÓN DEL CUSCO*. CUSCO: GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO - SUBGERENCIA DE ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL.

INGEMMET. (1995). *GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE PALLASCA, TAYAPAMPA, CORONGO, POMABAMBA, CARHUAZ Y HUARI (17h, 17i, 18h, 18i, 19g, 19i)*. Lima: INGEMMET.

IPCC. (2001). *Glosario de Terminos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación*. IPCC, 198.

Lliboutry & Schneider. (1970). *Evaluación de los riesgos teluricos en el callejón de Huaylas, con vista a la reubicación de poblaciones y obras públicas*. . Lima: UNESCO ELECTROPERU.

Martinez, P. (2006). *Procedimiento de topografía*. Panama: Universidad Tecnologica de Panama.

Morales, B. (1966). *GEOLOGICO - GLACIOLOGICO DE LA CUENCA SUPERIOR DE QUITARACSA*. Lima.: Corporacion Peruana del Santa.

Morales, B. (2014). *Volcubulario Tecnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM*. Huaraz: INAIGEM.

National Snow and Ice Data Center, (NSIDC - NASA). (2012). *All about Glaciers: The Life of a Glacier; Glaciers Glosary*. NSIDC: NASA Earth Observatory Reference: *Global Warming*., 1.

Oberti, L. (Febrero, 1972.). *Estudios Glaciologicos - Glaciar de Safuna*. Huaraz.: Corporación Peruana del Santa - Electroperu S.A.C.

Soto, H. d. (1986). *BOLETIN OFICIAL N°01, INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA*. Lima.: INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA.

Topcon. (2006). *Manual de Instrucciones de estacion total*. Japón: Topcon.

Veliz, J. (1973). *Laguna Safuna - Estudios Geologicos complementarios para el desquinche de la Morrena Frontal*. Huaraz.: Electroperu S.A.C.



Veliz, J. (1973). *Laguna Safuna - Estudios Geologicos Complementarios para el desquinche de la Morrena Frontal*. Huaraz.: Electroperu S.A.C.

Zamaripa, M. (2010). *Apuntes de topografía*. Madrid: Facultad de Estudios Superiores Aclatan.

## GLOSARIO DE TERMINOS

**ALUVIÓN.-** Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones. Se desplazan con gran velocidad a través de quebradas o valles en pendiente, debido a la ruptura de diques naturales y/o artificiales o desembalse súbito de lagunas, o intensas precipitaciones en las partes altas de valles y quebradas.

**ÁREA DE ABLACIÓN.-** Es el área de un glaciar donde predominan los procesos que propician la pérdida de masa, por fusión o sublimación. (National Snow and Ice Data Center, (NSIDC - NASA), 2012).

**ÁREA DE ACUMULACIÓN.-** Es el área de un glaciar donde predominan los procesos que favorecen la ganancia de masa, por precipitación en forma de nieve, redistribución eólica de la cubierta nival o avalanchas, donde las condiciones topográficas son favorables.

**AVALANCHA.-** Desprendimiento violento en un frente glaciar pendiente abajo de una gran masa de nieve o hielo acompañado en algunos casos de fragmentos rocosos de diversos tamaños y sedimentos de diferente granulometría.

**BALANCE DE MASAS.-** Es el cambio en la relación pérdida-ganancia del glaciar, observado durante un período de tiempo determinado, que puede ser estacional o anual (el más utilizado). (Francou & Pouyaud, 2008 - b).



**CORRIENTE SUPRA GLACIAR.-** Es una corriente de agua de fusión del glaciar que corre sobre la superficie (Morales, 2014).

**DESGLACIACIÓN.-** Retroceso o disminución de la cobertura de hielo del glaciar de una montaña. Investigaciones recientes confirman la desglaciación en muchos lugares del mundo, incluyendo las zonas polares. En nuestro país se viene confirmando el registro de desglaciación en la Cordillera Blanca durante las últimas décadas.

**DESLIZAMIENTO.-** Ruptura y desplazamiento de pequeñas o grandes masas de suelos, rocas, rellenos artificiales o combinaciones de éstos, en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla, a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento, y por la presencia de filtraciones.

**EROSIÓN.-** Desintegración, desgaste o pérdida de suelo y/o rocas como resultado de la acción del agua y fenómenos de intemperismo.

**FALLA GEOLÓGICA.-** Grieta o fractura entre dos bloques de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se produce desplazamiento relativo, vertical u horizontal. Los procesos tectónicos generan las fallas.

**FARALLÓN GLACIAR.-** Frente glaciar que termina en forma abrupta en paredes de hielo de decenas de metros de altura (Morales, 2014).

**GEODINÁMICA.-** Proceso que ocasiona modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).

**GLACIAR.-** Masa de hielo en movimiento formada en las cimas de las montañas durante periodos climáticos glaciares.

**GLACIAR COLGADO.-** Porción considerable de un glaciar que se encuentra adherido a las cumbres o sobre pendientes muy pronunciadas y que significan peligros glaciológicos (Morales, 2014).

**INUNDACIONES.-** Desbordes laterales de las aguas de los ríos, lagos y mares, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, marejadas y maremotos (tsunami).



**MONITOREO.-** Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.

**MORRENAS.-** Son acumulaciones de detritos que el glaciar tritura en su recorrido pendiente abajo y que los acumula en el frente glaciar y en sus flancos, denominándose morrena frontal, morrena lateral, morrena de fondo o morrena media (Morales, 2014).

**MOVIMIENTO GLACIAR.-** Desplazamiento por efecto de la carga de nieve anual que tienen en la zona de acumulación, por gravedad de la constitución de su masa como un cuerpo semi plástico y por la pendiente misma del sub suelo, tienen un movimiento continuo cuya velocidad es diferente de acuerdo a su posición, potencia glaciar y altura. (Morales, 2014).

**PELIGRO.-** Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.

**QUEBRADA.-** Designación local a los valles glaciares de la Cordillera Blanca (Morales, 2014).

**RIESGO.-** Evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. El riesgo, el peligro y la vulnerabilidad se expresan en términos de probabilidad, entre 1 y 100.

**RIESGOS DE LOS GLACIARES.-** Por el movimiento continuo de los glaciares y dependiendo de su posición y masa glaciar pueden ocasionar catástrofes graves como el caso de los aluviones de lagunas glaciares vaciadas por avalanchas de hielo. (Morales, 2014).

**SISMO.-** Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la Tierra.

**VALLE EN FORMA DE U.-** Valle que muestra en su perfil la forma de una “U” labrada por erosión de los glaciares antiguos (Morales, 2014).



**VALLE GLACIAR.-** Valle que muestra la acción de la erosión glaciar en su superficie y que puede o no tener glaciares en su parte superior (Morales, 2014).

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA.-** Estado medio del clima a escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). (IPCC, 2001).

**VULNERABILIDAD.-** Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.

## ANEXOS

### PANEL DE FOTOGRAFÍAS



Vista donde se puede observar la lengua glaciar Huilca desde la morrena izquierda.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Vista donde se puede observar la lengua glaciár Huillca desde la morrena izquierda.



Vista donde se puede observar la superficie del glaciár Huillca.

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Vista donde se puede observar al personal realizando las perforaciones en la lengua glaciar.



Vista donde se puede observar al personal trasladando el material al glaciar, por la morrena terminal del glaciar.

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Vista donde se puede observar el desplazamiento del personal sobre la superficie glaciar, para el levantamiento topográfico.



Personal realizando levantamiento topográfico de la lengua glaciar Huillca



En esta vista se muestra el lado derecho del glaciar Huillca



Personal realizando levantamiento topográfico del perímetro, superficie glaciar Huillca.



En esta toma se puede apreciar que el personal está realizando una escalada en roca para trasladarse al punto topográfico E-1



El personal realizando aforo en la parte baja de la quebrada Yantaqueña