



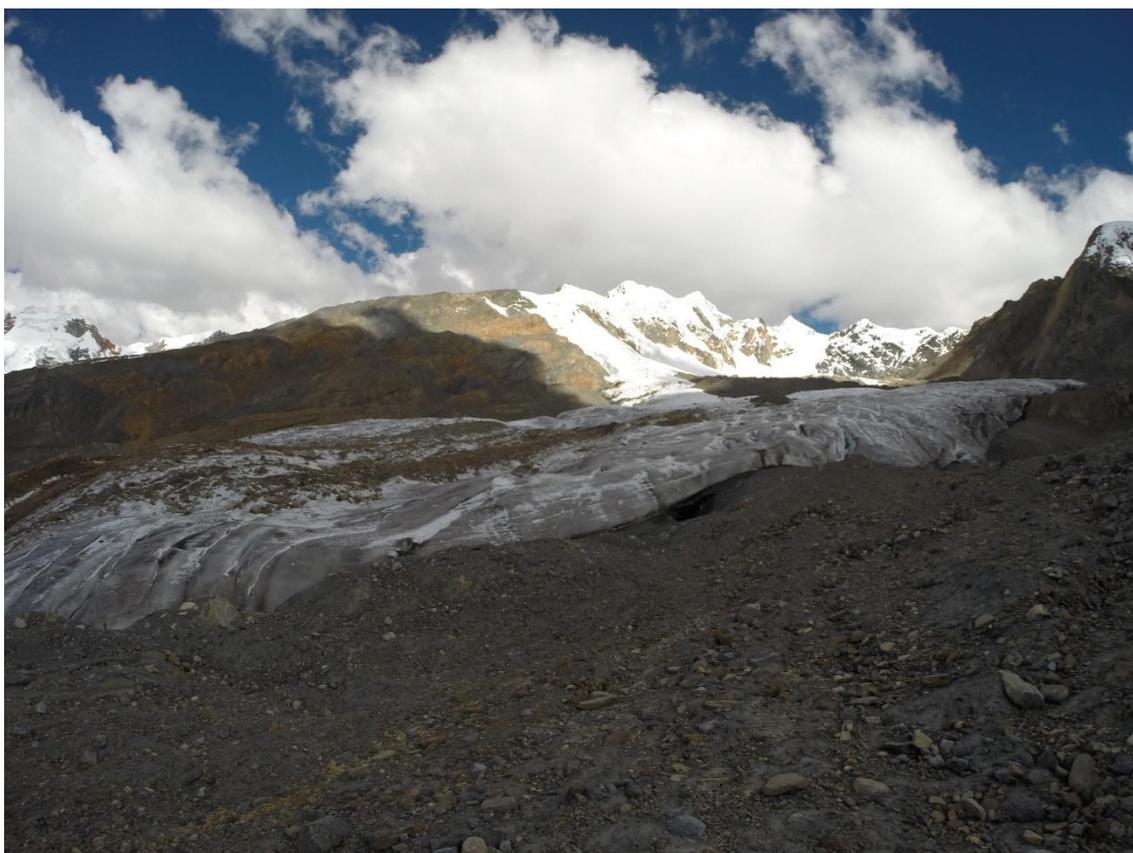
PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



MINISTERIO DEL AMBIENTE
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN
GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLOGICA
MONITOREO GLACIOLÓGICO 2016 - 2017
“GLACIAR SULLCÓN”



Octubre del 2017
Huaraz - Perú

MINISTERIO DEL AMBIENTE

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

INVESTIGACIÓN EN GLACIARES

PERSONAL TECNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:

Responsables del estudio:

Ing. Edwin Anibal Loarte Cadenas.

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

INDICE

PERSONAL TECNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:	2
Responsables del estudio:	2
Topógrafo:	2
Técnicos en glaciología:	2
I. GENERALIDADES	6
1.1 ANTECEDENTES	6
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 GENERAL	6
1.2.2 ESPECÍFICOS	6
1.3 UBICACIÓN Y ACCESO	6
II. METODOLOGÍA	9
2.1 PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES	9
2.2 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	9
2.2.1 MONITOREO GLACIOLOGICO	9
2.3 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	11
III. AMBITO DE ESTUDIO	13
3.1 Caracterización	13
3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial	14
IV. RESULTADOS	15
4.1 MONITOREO GLACIOLÓGICO	15
4.1.1 SISTEMA DE MEDICIÓN ESTABLECIDO	15
4.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	20
4.1.3 RETROCESO GLACIAR	22
4.1.4 MEDICION DE ACUMULACION	25
4.1.5 MEDICION DE ABLACIÓN	28
Balance glaciario	29
Ablación	29
Balance por rango altitudinal en la zona de ablación	29
Acumulación	31
Balance por rango altitudinal en la zona de acumulación	31
Balance neto especifico calendario por rango altitudinal	31
Línea de equilibrio	33
Dinámica y geometría glaciario	33
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	38

GLOSARIO DE TERMINOS	40
ANEXOS	44

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del glaciar Sullcón.	8
Figura 2: Esquema conceptual de la metodología a seguir en el monitoreo de glaciares.	9
Figura 3: Ubicación del área de influencia del estudio.	15
Figura 4: Geomorfología del glaciar Sullcón.	16
Figura 5: Sistema de medición de la red de monitoreo en el glaciar Sullcón.....	19
Figura 6: Se aprecia, los hitos monumentados en las morrenas de la laguna y glaciar Sullcón.	20
Figura 7: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°01) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.	21
Figura 8: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.	22
Figura 9: Hitos de Control del Retroceso del Frente Glaciar.	24
Figura 10: Desplazamiento de balizas sobre el glaciar Sullcón. del 2016 - 2017.	35

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Ilustración 1: Esquema conceptual del procesamiento de información.	12
Ilustración 2: Cuerpos de agua supra glaciares y cuerpos de agua sub glaciar.	17
Ilustración 3: Retroceso del frente glaciar Sullcon periodo 2001-2017	23
Ilustración 4: Zona de Acumulación de la lengua glaciar Sullcón.	25
Ilustración 5: Zona de Ablación del glaciar Sullcón.	28
Ilustración 6: Balance en función de la altitud - ELA.	33
Ilustración 7: Desplazamiento de las balizas en la superficie glaciar.....	34

RESUMEN

EL INAIGEM como parte de sus actividades de investigación glaciológica ha realizado el monitoreo del glaciar Sullcón periodo 2016-2017, este glaciar se encuentra ubicado políticamente en la región Lima, provincia de Huarochiri Distrito de San Mateo. Hidrográficamente se ubica en la cuenca del rio Rímac sub cuenca rio Blanco.

El Glaciar Sullcón es un glaciar de Valle cuya superficie se encuentra parcialmente cubierta por escombros que se han depositado sobre el glaciar debido a procesos geodinámicos de caídas de rocas y deslizamientos de los depósitos fluvioglaciares de sus márgenes, entre las cotas 5020 a 5028 m s.n.m. se observa la formación de cuerpos de agua (4 036 m³) supra glaciares que están incrementando su ablación. El área glaciar aproximada es de 1.088 km², el balance de masa para el periodo 2016-2017 calculado por el método directo glaciológico es -1.14 m eq. agua y la línea de equilibrio glaciar se estima a una altura de 5010 m s.n.m.

Para dichos trabajos se contrató eventualmente a auxiliares de campo con experiencia en perforación glaciar y topografía para realizar el análisis de la dinámica glaciar en Sullcón (cabecera de la cuenca del Rímac)

En este contexto se ha dado inicio a los trabajos de tipo glaciológico integral, en el frente y superficie glaciar, además se monitorea 2 puntos (hitos) fijos para el control topográfico.

El presente informe describe la metodología empleada para la implementación de la red de monitoreo glaciológico en el glaciar Sullcón.

El objetivo de monitorear éste glaciar recae en la importancia de proponer estudios de factibilidad hídrica en el futuro para la ciudad de Lima.

I. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El Instituto de investigación y glaciares y ecosistemas de Montaña INAIGEM a retomado las actividades de monitoreo glaciar Sullcón desde el año 2016, implementado una red de balizas en la lengua glaciar; anteriormente este glaciar inicio sus estudios con el apoyo de Glaciers et Ressources en Eau dans les Andes Tropicales (GREATICE) del Indicateurs des Changements dans l' Environnement (IRD) en el año 2001 , implementando equipos de medición hidrométrica y balizas en el frente glaciar, debido a un deslizamiento ocurrido entre los años 2009-2012 las actividades de investigación se suspendieron.

La importancia de conocer el comportamiento de los glaciares de la Cordillera Central que cuenta con 174 Glaciares y una superficie de 51.91 Km² es su acelerado retroceso. el glaciar Sullcón es aportante hídrico a la cuenca del Rímac cuya población haciende a 9 834 631 habitantes (INEI-2015) además sus aguas se vierten hacia la represa Yuracmayo que abastece a través de la empresa SN Power la red energética a la capital.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Determinar del balance de masas del glaciar Sullcón en el periodo 2016 al 2017.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar la densidad en la zona de acumulación.
- Determinar la fusión en la zona de ablación.
- Perforaciones para instalar las balizas de madera para el control de ablación y acumulación.
- Levantamiento topográfico del frente glaciar y superficie.

1.3 UBICACIÓN Y ACCESO

Ubicación:

El área de estudio se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la Codillera Central, en la sub cuencas del Rio Blanco que conforman la Cuenca del rio Rímac, entre las coordenadas 76°3'24" longitud Oeste y 11°53' 25" de latitud

sur, políticamente este nevado se ubican en la región Lima provincia de Huarochirí distrito de San Mateo, el mapa de ubicación se puede apreciar su ubicación política.

Acceso:

Para llegar al área de estudio desde la ciudad de Huaraz se ha seguido la siguiente ruta terrestre: desde Huaraz hacia la ciudad de Lima (402.1 km) , desde Lima hacia San Mateo vía la carretera central (km 102.4), desde San Mateo se toma el desvío hacia Yuracmayo hasta la zona de campamento base a (35 km), el recorrido total de la vía terrestre es de aproximadamente 13 horas y un recorrido de 539.5 km hasta el campo base, de este lugar se realizó el acceso al glaciar Sullcón a pie con un promedio de 3.5 h de caminata. (Véase, figura N°1 y tabla N°1).

Tabla 1: Ruta de acceso hasta el glaciar Sullcón.

Tramo	Tipo de vía	Distancia en Km.	Medio de transporte
Huaraz –Lima	Asfaltada	402.1 km	Camioneta
Lima San Mateo	Asfaltada	102.4 km	Camioneta
San Mateo- Yuracmayo (campo base)	Trocha carrozable	35 km	Camioneta
Campo Base –Glaciar Sullcón	Camino de Herradura	6.5 km.	A pie



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

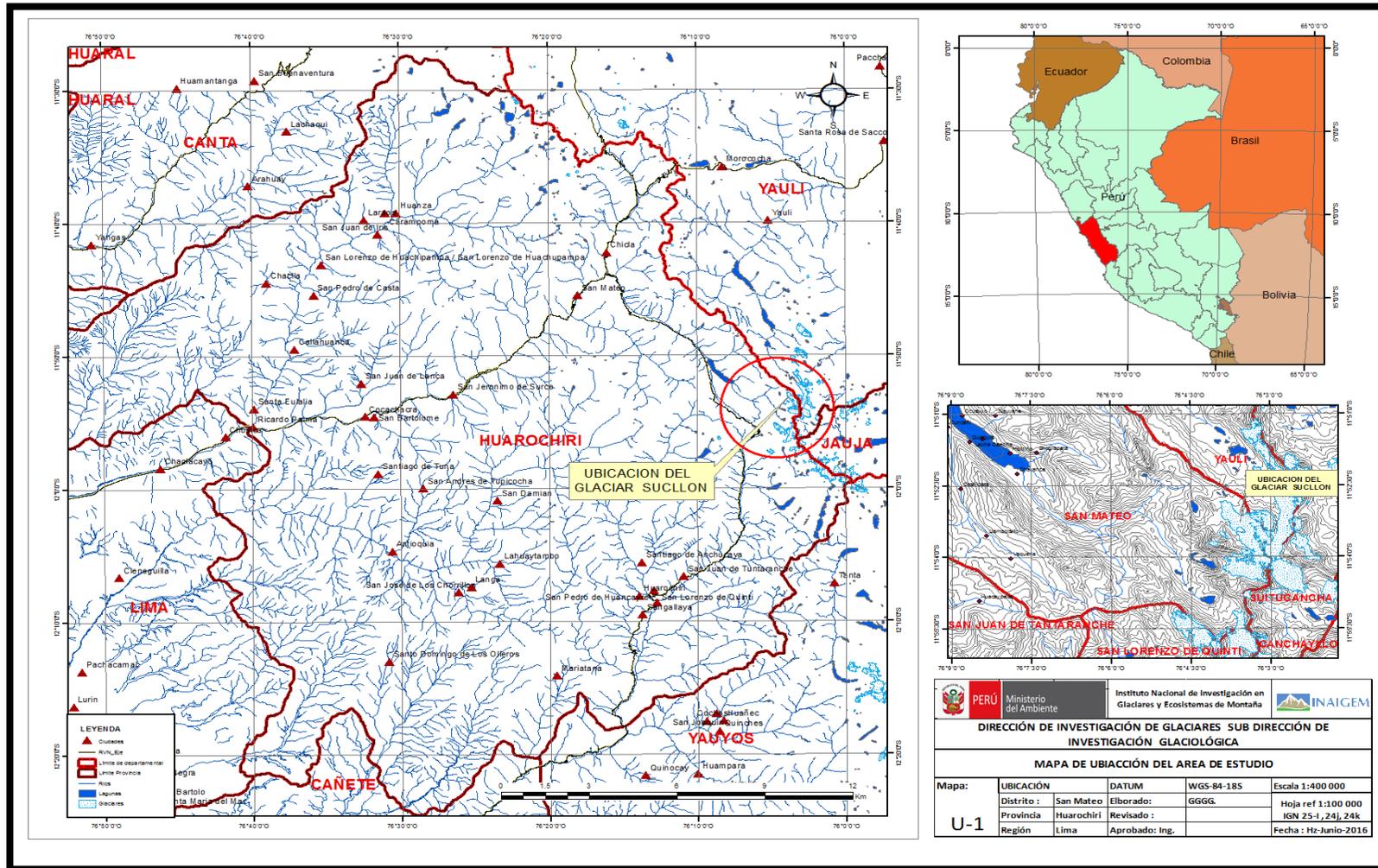


Figura 1: Ubicación del glaciar Sullón.

II. 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°2).



Figura 2: 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 aumento 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 (mayo del 2016 y mayo del 2017), dicha información permitió conocer la

dinámica glaciaria con el desplazamiento y velocidad de las estacas sobre la lengua glaciaria y el volumen perdido de agua de deglaciación en el Huillca.

Toda la información que se genere de los trabajos topográficos está en 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 glaciaria y del frente glaciario.

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). 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 glaciario, georreferenciación de las balizas; la información es utilizada para los cálculos de balance de masa, evolución de frente glaciario y estimación de desplazamiento del glaciar.

Una vez realizado 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 glaciaria.

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 y de 2" de diámetro, se utiliza ceniza o algún tipo de marcador, para cubrir la superficie glaciaria (como macha), en un radio de 1.0 m, 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 uno de las balizas son recolectadas bimensual, lo que nos permite por diferencia una aproximación de la cantidad de hielo que se ha fusionado en el glaciar en un periodo. 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, ilustración N° 1):



Ilustración 1: 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.

III. AMBITO DE ESTUDIO

Tabla 2: Datos base para el glaciar Sullcón.

Glaciar Sullcón	
Coordenadas del glaciar (WGS84)	11°53.16'S, 76°03.41'W
Código de la Cuenca (Inv. de Glaciares de la Cordillera Central)	1POO44BH06
Rango altitudinal aproximado (msnm)	5300/4900
Superficie (km²)	1.09
Exposición general	Norte Oeste
Inicio del monitoreo	2001 (UGRH), 18 de Marzo 2016
Balance de masa (glaciológico)	Sí (balizas)
Topografía	No se hizo (anual)
Balance hidrológico	No
Equipamiento meteorológico in situ	No
Frecuencia de las visitas	Bianual
Instituciones	INAIGEM

El glaciar Sullcón se encuentra ubicado en la subcuenca del río Blanco, en la cuenca del Río Rímac, tiene mucha importancia por los proyectos hidroeléctricos y de abastecimiento hídrico, que se benefician del agua de desglaciación que discurre en la quebrada.

3.1 Caracterización

La subcuenca del río Blanco es una de las quebradas más importantes de la Cordillera Central y la de menor superficie en la región Lima.

La represa Yuracmayo ubicada en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, en la naciente del río Blanco, que es tributario por la margen izquierda del río Rímac a unos 120 km. al este de Lima y a 4315 m.s.n.m. Es una presa de tierra zonificada y construida con materiales morrenicos. La zona de espaldones y núcleo consideran materiales aluviales procesados. La presa tiene una altura, sobre la cimentación, de 56 metros, una longitud de coronación de 558.5 metros y un volumen total de 1.66 millones de metros cúbicos. (Bustamante 2013).

Tiene un rendimiento de 2.5 m³/s y un embalse de 48 MM³; se empezó a construir en 1991 y su inauguración en octubre de 1994, pero su puesta en servicio efectiva fue en 1995. Su embalse ha constituido una laguna "artificial" de unos 5 kilómetros de extensión,

y junto a las lagunas de Antacoto y Marcapomacocha, son las más grandes, dentro de unas veinte lagunas cuyas aguas fluyen a la cuenca del río Rímac.

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

La quebrada de Huillca congrega una serie de picos nevados del 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.

El área de influencia del estudio que se propone es de 23,093.01has, ubicada en la subcuenca Río Blanco, contribuyente del río Rímac (Vease figura N°3).

En cuanto a cobertura del área de estudio la mayor corresponde a Afloramiento rocosa (42%), Pastos-pradera nativa (21.4%), Derrubio pedregoso (10.3), Bofedal (14%), Glaciar (2.2%), Lagunas (41.6%), Forestal (5.3%). Restando las áreas rocosas, glaciares y lagunas se cuentan con 11,830.00 has de intervención directa con prácticas de recuperación y conservación de los ecosistemas, se propone intervenir en 4,000.00 has. En relación a la pendiente de la subcuenca Blanco se puede apreciar que en la parte alta las pendientes son mayores, y se ha determinado las siguientes unidades: (Ver Mapa 3): Algo escarpado, Escarpado – Muy escarpado (74%), donde los suelos están siendo utilizados mayormente para pastoreo extensivo, siembras de papas, avena, y cebada deteriorándose aún más por las malas prácticas de trabajo como surcos a favor de la pendiente, cultivo en suelos cuya capa arable es muy superficial. Fuertemente inclinado (18%), área donde se viene practicando la agricultura, pastoreo mayormente en secano y cuando es posible riego por gravedad, esto viene provocando la erosión de los suelos. Moderadamente inclinado y ligeramente inclinado (7%), también mayormente la agricultura, pastoreo y en pequeña escala pastos mejorados. Existe poca área plana (1.7%) que son aptas para la agricultura, requiere tecnificar la agricultura e incorporar como parte de ello el riego tecnificado.

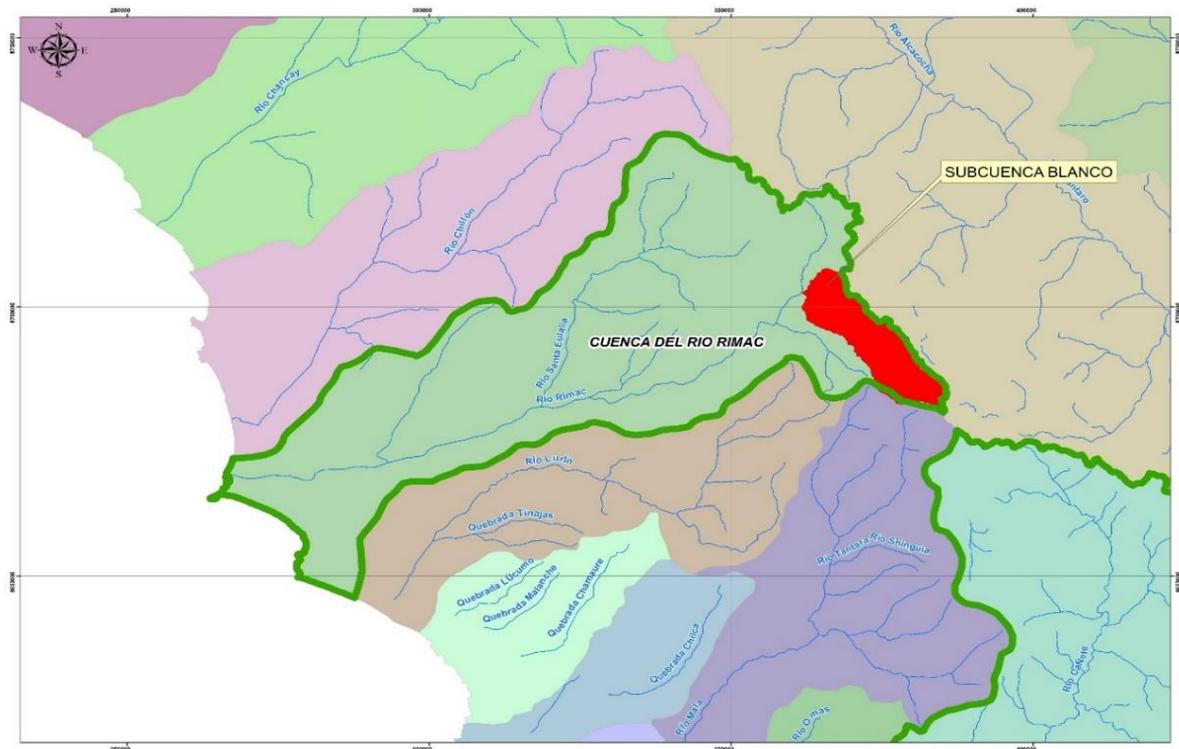


Figura 3: Ubicación del área de influencia del estudio.

IV. RESULTADOS

4.1 MONITOREO GLACIOLÓGICO

El glaciar Sullcón 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

El glaciar Sullcon presenta una lengua glaciar de aproximadamente de 0.6 km, que inicia a una cota de 4996 m s.n.m. la superficie se encuentra agrietada observándose la formación de cree vass, entre las cotas de 5020 a 5028 m s.n.m. se observa la formación de un cuerpo de agua supraglaciar. (Véase, figura N°4).

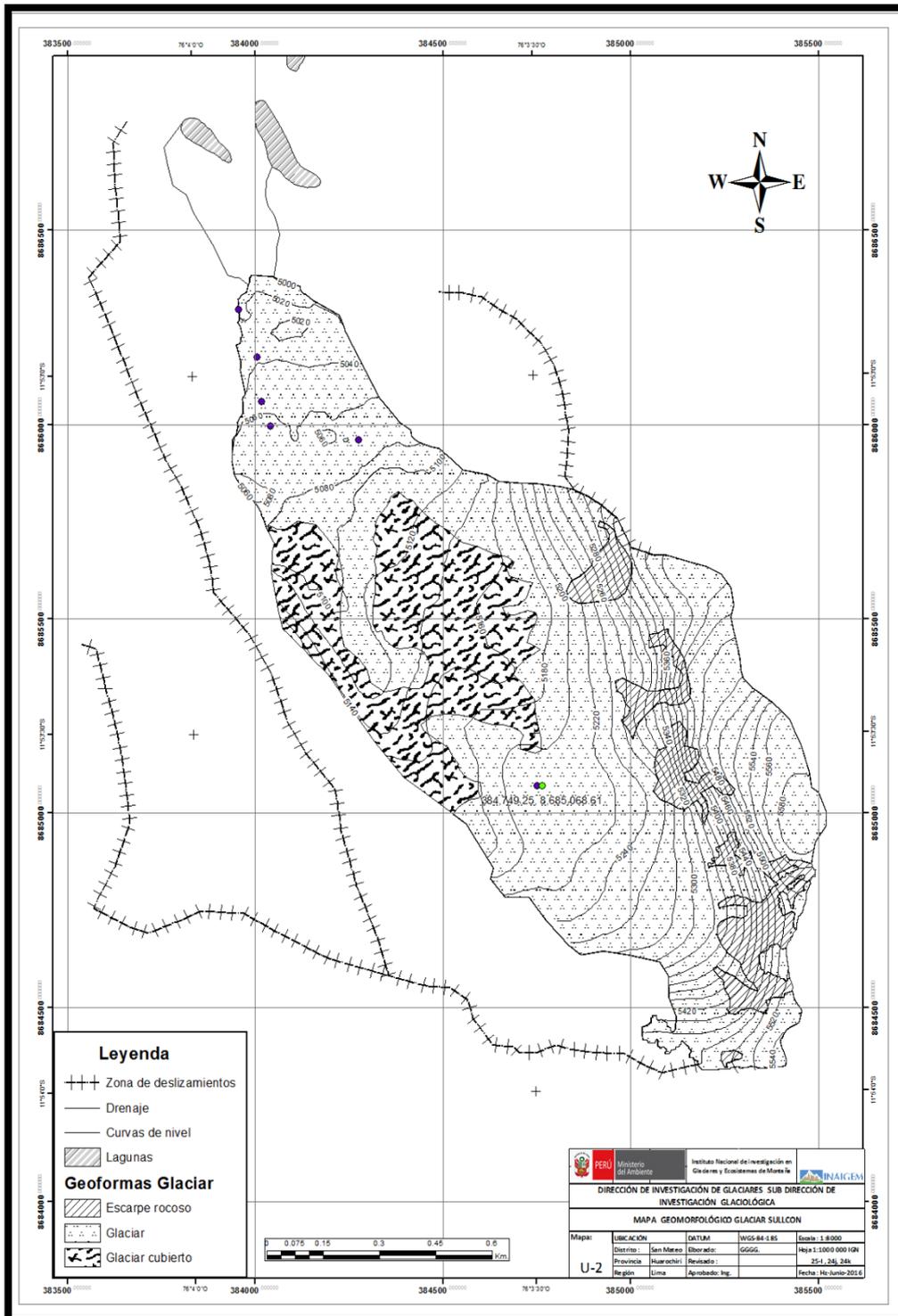


Figura 4: Geomorfología del glaciar Sullcón.

El retroceso de la lengua glaciar del nevado Sullcón ha generado cuerpos de agua que se encuentra sobre los depósitos glaciares recientes de una extensión de 160.25 m² además de esta formación también se ha observado la formación de un cuerpo de agua supra glaciar de una extensión de 4036 m² sobre la

lengua glaciar, que rápidamente está incrementando su tamaño acelerando el retroceso. (Véase, ilustración N°2).

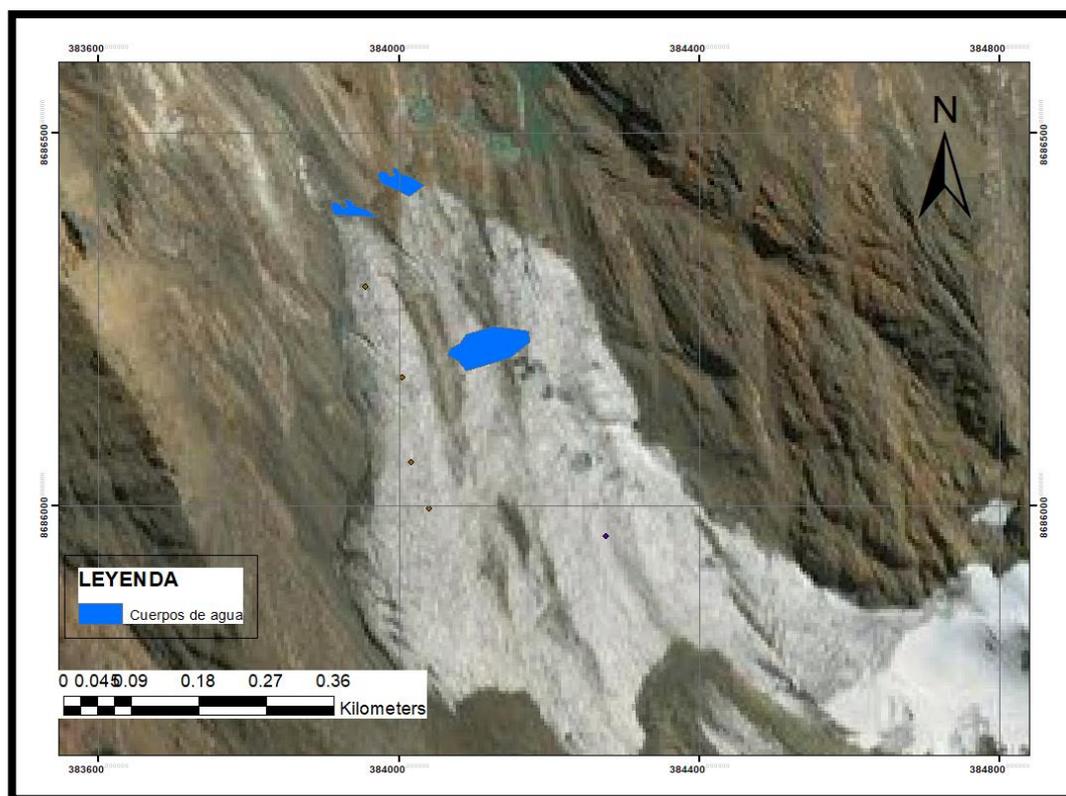


Ilustración 2: Cuerpos de agua supra glaciares y cuerpos de agua sub glaciar.

La parte alta de la cuenca del Rímac tienen las siguientes zonas de vida: el Nival tropical que se distribuye entre a altitudes superiores de 4980 m.s.n.m la tundra andina que se encuentra en la altitudes de entorno periglacial y el Páramo andino tropical que se encuentra entre las altitudes 3900 a 4500 m.s.n.m, geográficamente estas zonas de vida están asociados a factores de paisaje y vegetación que se describen a continuación.

El glaciar Sullcón se ubica en la sub cuenca del río Blanco, que pertenecen a la cuenca del río Rímac, en el sector Occidental de la Cordillera Central. La subcuenca Río Blanco tiene una superficie de 235.75 km² y representa el 6.73% del área total de la cuenca del río Rímac, cuya longitud de cauce principal es 32.0 km. La ubicación hidrográfica se puede apreciar en el mapa U-2.

Microcuenca Sullcón

De acuerdo a los últimos estudios realizados por el INAIGEN en este glaciar, la principal característica de la microcuenca Sullcón es el vertimiento de sus aguas a las dos vertientes más importantes del país, vertiente del Pacífico y del Atlántico, pertenecen a la cuenca del río Rímac y la cuenca del río Mantaro respectivamente.

El cauce con dirección a la cuenca del río Rímac está dominado en su totalidad por morrenas, predomina el limo, este es transportado considerablemente por el agua que discurre, debido a esta característica de los sedimentos se construyó un vertedor tipo Parshall que operó hasta el año 2010 y en la actualidad solo se observa parte de la estructura. (INAIGEM, 2016)

El curso de agua con dirección hacia la cuenca del río Mantaro discurre a través del lecho rocoso y llega hasta pequeños cuerpos de agua que atenúan la escorrentía, el mayor cuerpo de agua es una laguna de 300 m. de largo por un ancho promedio de 60 m. a la salida de esta laguna se ubica la estructura de un vertedero. (INAIGEM, 2016)

Por las condiciones topográficas de la microcuenca, en la actualidad la mayor cantidad de agua discurrida en el glaciar se drena hacia la vertiente del Atlántico. Dado el retroceso de la lengua glaciar y la topografía del lecho, se presume que en un futuro el flujo que discurre producto de la fusión del glaciar se vaya en su totalidad hacia la vertiente del Atlántico, este aspecto se controlará en los futuros levantamientos topográficos. (INAIGEM, 2016). (Véase, tabla N°3 y figura N°5).

Tabla 3: característica de la microcuenca Sucllon.

CUENCA	Área Km²	%
Sin Glaciar	1,00	39
Con Glaciar	1,59	61
TOTAL	2,59	100

Fuente: (INAIGEM, 2016)



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

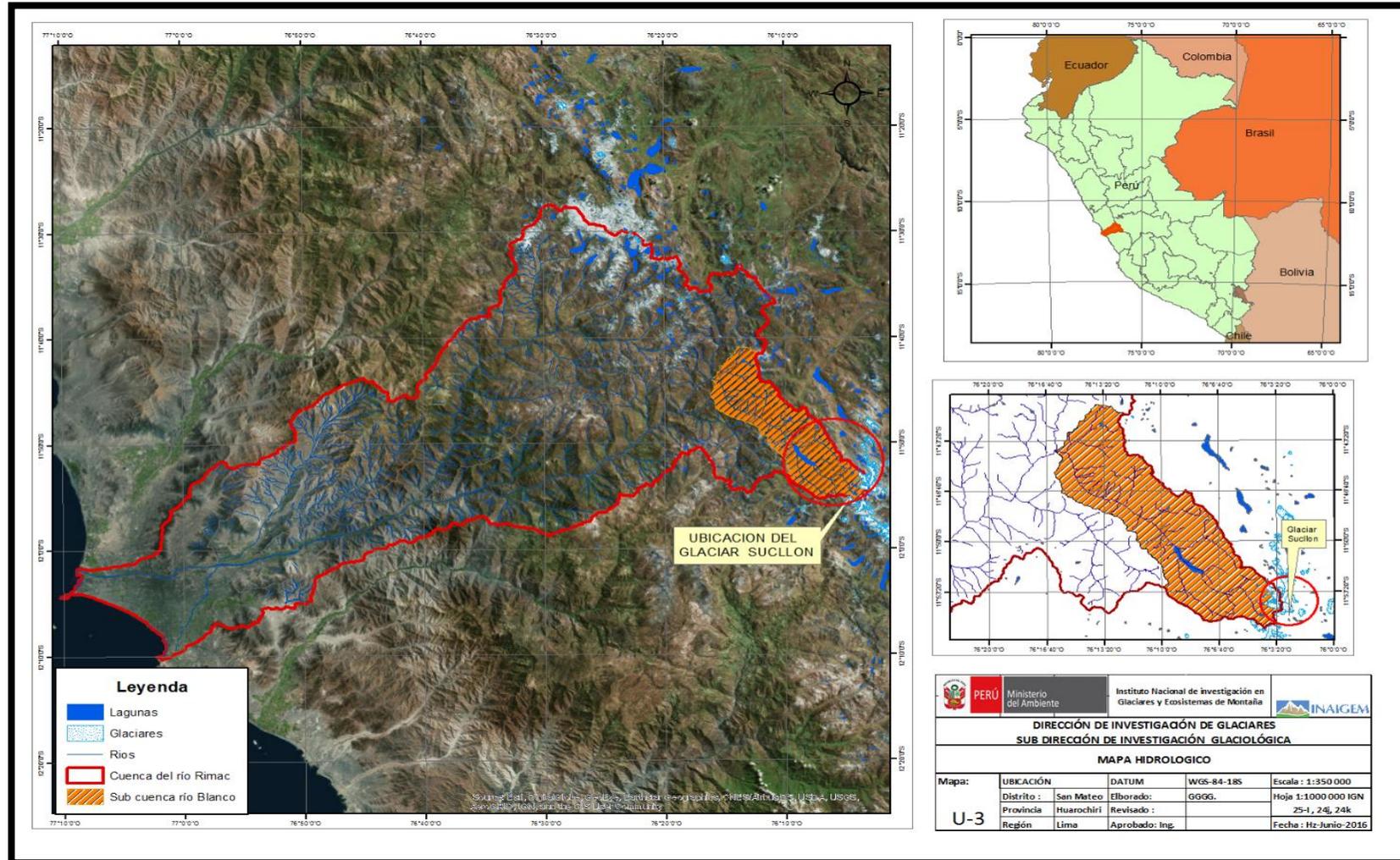


Figura 5: Sistema de medición de la red de monitoreo en el glaciar Sullcón.

4.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El trabajo de campo se inició con el reconocimiento del terreno y ubicación de las bases topográficas que fueron monumentados por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos en el año 2001, estos puntos se ubican teniendo en cuenta los criterios de seguridad y visibilidad, las nomenclaturas que llevan los puntos son: S-1 y T-3, se usaron estas bases para el seguimiento del levantamiento topográfico de la superficie, perímetro, georeferenciación de las balizas (ver figura N°6, 7 y 8).



DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
NOMBRE/NUMERO:	PROYECTO:	LOCALIDAD:	
S - 1	Glaciar Sullcon	Sullcon	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Lima	Prov.: Huarochiri	Dist.: San Mateo	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
8 686 628.023	384 507.577	5 043.915	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
11° 52' 43.69" S	70° 03' 37.47" W	U.T.M. Zona 18	18/03/2016
			
<p><i>Figura 7: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°01) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.</i></p>			

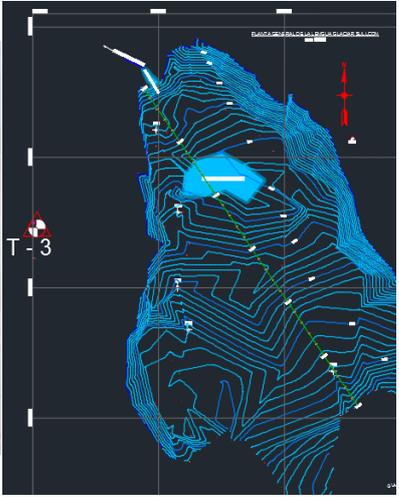
DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
NOMBRE/NÚMERO:	PROYECTO:	LOCALIDAD:	
T -3	Glaciar Sullcon	Sullcon	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Lima	Prov.: Huarochiri	Dist.: San Mateo	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
8 686 491.470	384 007.034	5 108.23	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
11° 52' 48.07" S	70° 03' 54.03" W	U.T.M. Zona 18	18/03/2016
			

Figura 8: 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

Las mediciones de las fluctuaciones del frente glaciar se han venido realizando desde los años 2001-2009 por la unidad de glaciología y recursos hídricos UGRH, las mediciones del frente glaciar desde el 2016 se están realizando por el INAIGEM (véase tabla N°4).

Tabla 4 Mediciones del frente glaciar Sullcon periodo 2001-2017

Variaciones del Frente Glaciar Sullcón 2001-2016			
Años	año	Retroceso glaciar (m)	retroceso glaciar Acumulado (m)
2001	2001	0	0.00
2002	2002	-27.10	-27.10
2003	2003	-13.54	-40.64
2004- 2005	2004	-47.35	-87.99
2006	2006	-20.43	-108.42
2007	2007	-14.85	-123.27
2008	2008	-9.94	-133.21
2009	2009	-16.64	-149.85
2012	2010	-38.32	-188.17
2016	2016	-38.40	-226.57
2017	2017	-34.36	-260.93

Datos del 2001-2009 Corresponde UGRH.

El gráfico muestra la evolución del frente glaciar del glaciar Sullcón desde el año 2001 hasta el año 2017. (Vease ilustración N°3 y figura N°9).

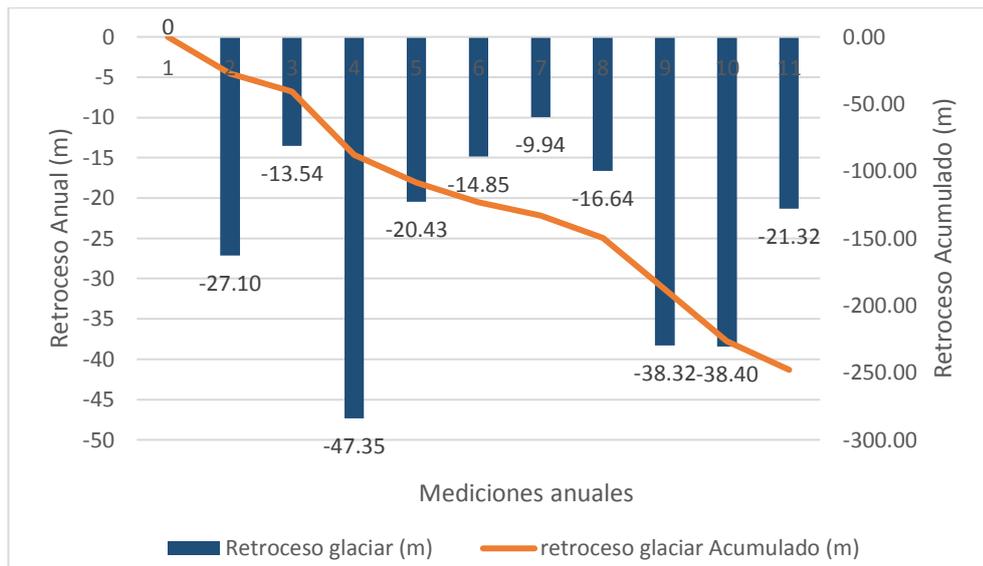


Ilustración 3: Retroceso del frente glaciar Sullcon periodo 2001-2017



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

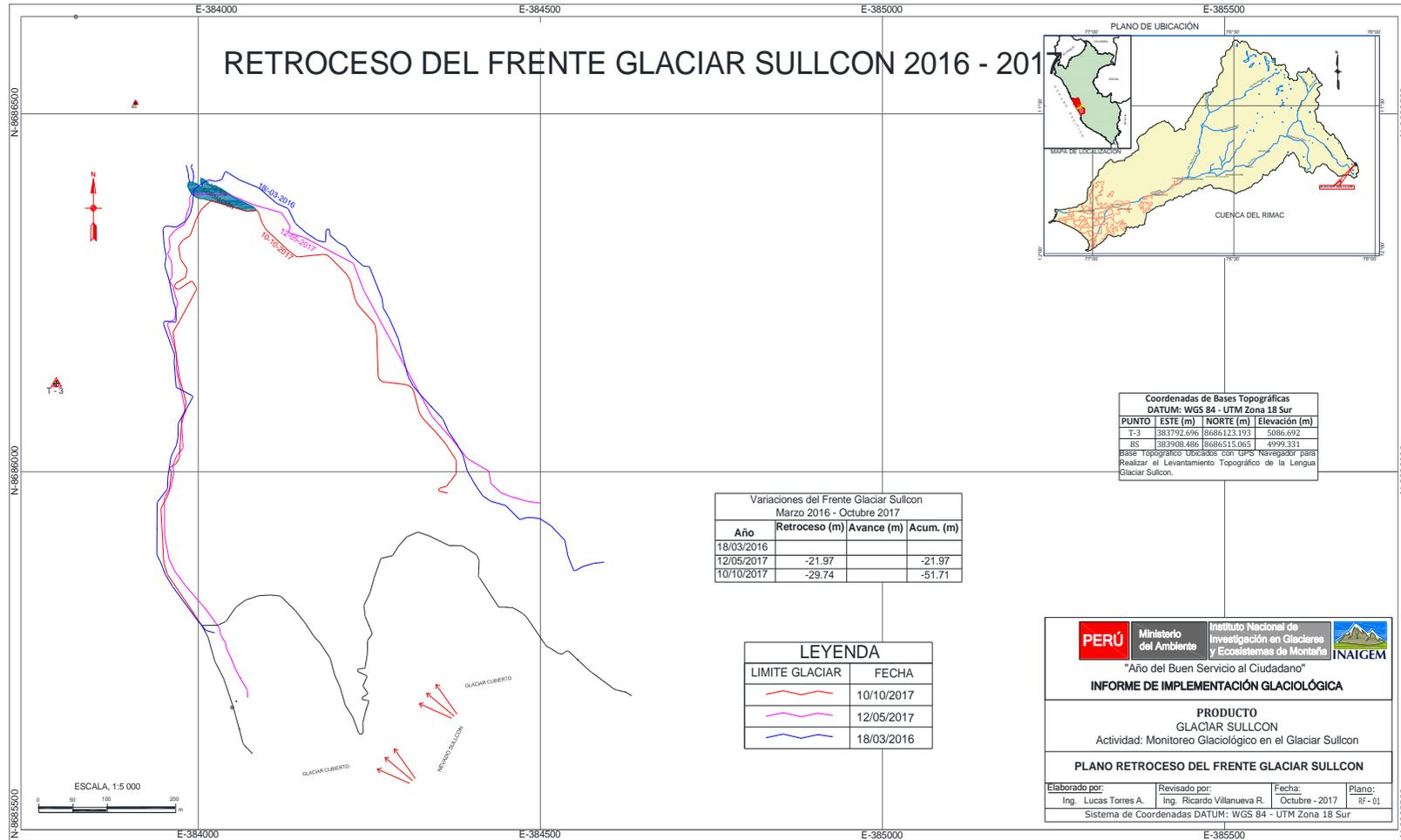
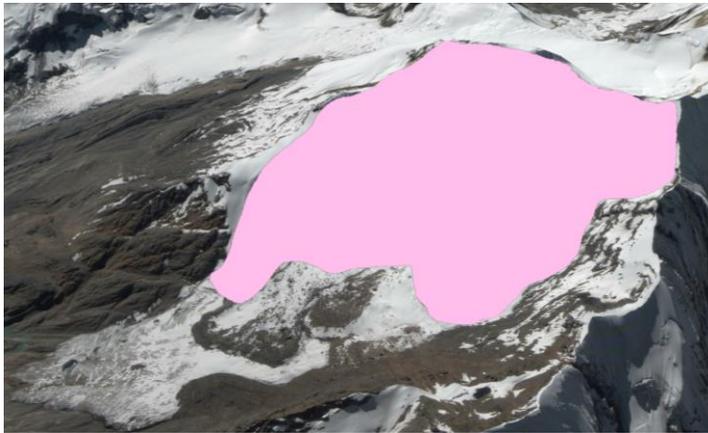


Figura 9:Hitos de Control del Retroceso del Frente Glaciar.

4.1.4 MEDICION DE ACUMULACION

La zona de acumulación cuenta con un área de 101,599.32 m² a octubre del 2017, 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, Ilustración N°4, fotografía N°1 y tablas N°5, 6 y 7).



*Imagen satelital
del glaciar Huillca.
Área de la Zona
de Acumulación
= 101,599.32 m²*

Ilustración 4: Zona de Acumulación de la lengua glaciar Sullcón.



Fotografía N° 1: Actividades de extracción de la muestra de nieve para determinar la densidad en e

DENSIMETRIA Y ESTRATIGRAFIA

FECHA:			COORDENADAS UTM			ESTE :	384756.347
						NORTE :	8685025.325
						ALTURA :	5219.7
POZO 01			Profund.	Vol. muestra	Densidad	Equiv. Agua	Observaciones (estratigrafía)
Muestra	Alt. (cm)	W (g)	(cm)	cm3	(g/cm3)	(mm)	
I	4.5	101.2	-4.5	188.34	0.54	24.18	
II	10	232.3	-14.5	418.54	0.56	55.50	
III	20	473.1	-34.5	837.08	0.57	113.04	
IV	21	499.2	-55.5	878.93	0.57	119.27	
V	19.5	475.8	-75	816.15	0.58	113.68	
Σ	75.0	1781.6		D. prom.	0.6	425.67	Profundidad del pozo 75 cm, las medidas se hicieron de arriba hacia abajo

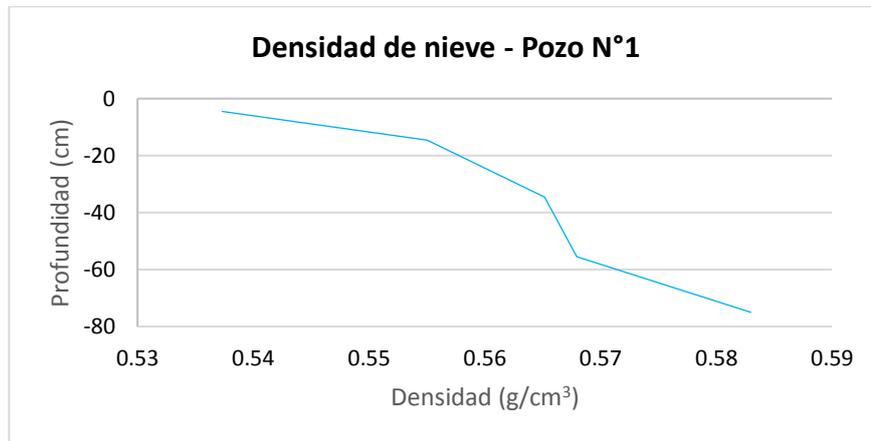


Tabla 5: Densidad de pozo de acumulación en el glaciar Sullcón – Pozo n°01.

FECHA:			COORDENADAS UTM			ESTE :	384844.295
						NORTE :	8684852.249
						ALTURA :	5224
POZO 02			Profund.	Vol. muestra	Densidad	Equiv. Agua	Observaciones (estratigrafía)
Muestra	Alt. (cm)	W (g)	(cm)	cm3	(g/cm3)	(mm)	
I	5.5	116	-5.5	230.20	0.50	27.72	
II	12.5	282.3	-18	523.17	0.54	67.45	
III	28.5	625	-46.5	1192.84	0.52	149.33	
IV	24.5	650.1	-71	1025.42	0.63	155.33	
V	4.5	107.2	-75.5	188.34	0.57	25.61	
Σ	75.5	1780.6		D. prom.	0.6	425.43	Profundidad del pozo 75.5 cm, las medidas se hicieron de arriba hacia abajo

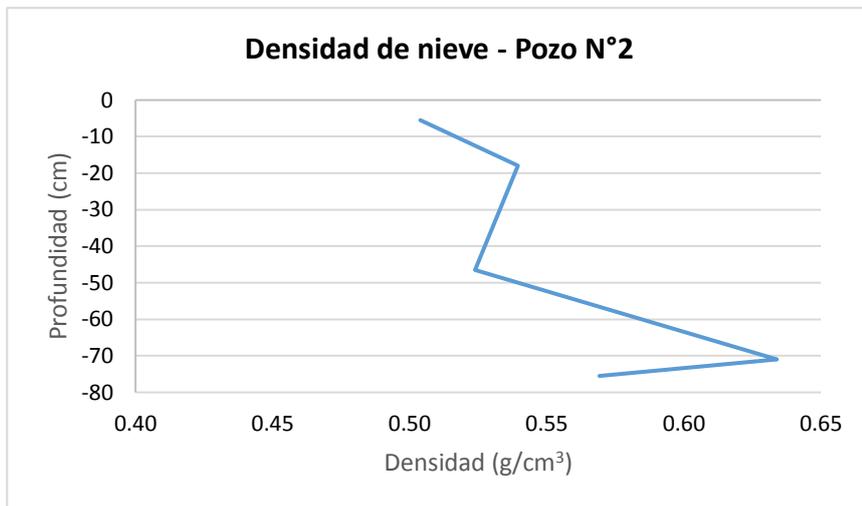


Tabla 6: Densidad de pozo de acumulación en el glaciar Sullcón – Pozo n°02.

FECHA:			COORDENADAS UTM			ESTE :	384952.744
						NORTE :	8684736.469
						ALTURA :	5252.894
POZO 03			Profund.	Vol. muestra	Densidad	Equiv. Agua	Observaciones (estratigrafía)
Muestra	Alt. (cm)	W (g)	(cm)	cm3	(g/cm3)	(mm)	
I	5	120.6	-5	209.27	0.58	28.81	
II	16	387.2	-21	669.66	0.58	92.51	
III	14	340	-35	585.95	0.58	81.24	
IV	17	379.8	-52	711.52	0.53	90.74	
V	6	162.3	-58	251.12	0.65	38.78	
VI	4	59	-62	167.42	0.35	14.10	
Σ	62.0	1448.9		D. prom.	0.5	346.18	Profundidad del pozo 62 cm, las medidas se hicieron de arriba hacia abajo

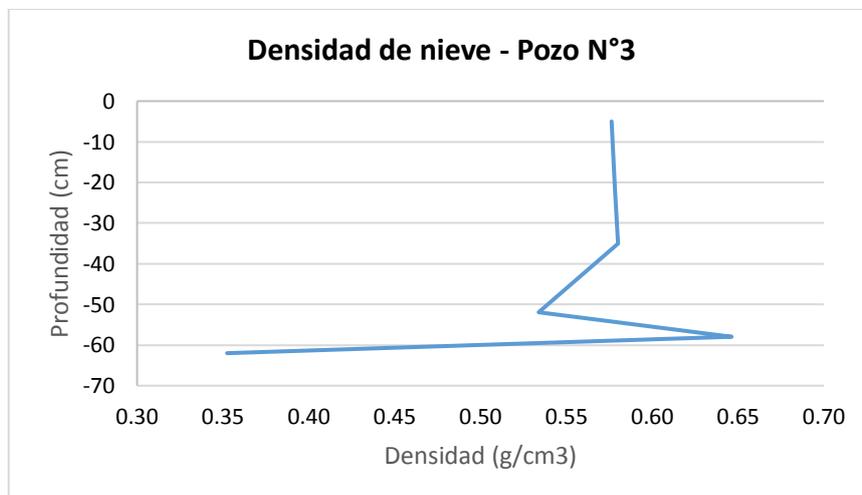


Tabla 7: Densidad de pozo de acumulación en el glaciar Sullcón – Pozo n°03.

4.1.5 MEDICION DE ABLACIÓN

La superficie glaciaria en la zona de ablación cuenta con una área de 986,294.72 m², ésta superficie es mucho menor a la de la zona de acumulación (Véase, Ilustración N°5).



Ilustración 5: Zona de Ablación del glaciar Sullcón.

Las mediciones y perforaciones se realizaron durante la primera expedición (marzo 2016) y la segunda (mayo 2017), utilizando equipos estandarizados en el estudio de glaciares a nivel global (Véase, fotografía N°2).



Fotografía N° 2: Personal técnico realizando perforación 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 de la red (Véase, tabla N°8).

BALIZA (12/05/2017)	NORTE (m)	ESTE (m.)	COTA (m s.n.m.)	m e w
S-2A	8686162.477	384010.843	5016.102	50.16102
S-3A	8686049.405	384013.879	5032.479	50.32479
S-4A	8685884.348	384059.45	5053.488	50.53488
S-5A	8685933.067	384261.047	5047.199	50.47199
S-6A	8685802.212	384174.821	5062.784	50.62784

Tabla 8: Ablación por punto de control en la red existente sobre el glaciar Sullcón 2016-2017.

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 perdidas 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 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 1:25000 de COFOPRI para las zonas donde existe un poco de incertidumbre como la zona de acumulación.

Ablación

Balance por rango altitudinal en la zona de ablación

Se estudió información glaciológica desde el 18 de marzo del 2016 al 12 de mayo del 2017 equivalente a 420 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.

Se ha determinado un volumen de fusión de 1'336,588.483 m³, el en siguiente cuadro es posible observar la fusión según rango altitudinal (Véase, tabla N°9).

Rango de altitud (msnm)	Altitud promedio (m)	Area (m ²)	Area (km ²)	Area relativa	Balance por rango Altitudinal (m.e.w)	Balance por rango Altitudinal (mm.e.w)	Volumen (m ³)
5000 - 5040	5020	54322.88	0.05	4.99	-4.59	-4590.00	-249342.0243
5040 - 5060	5050	44420.92	0.04	4.08	-4.60	-4595.24	-204124.7684
5060 - 5080	5070	80908.51	0.08	7.44	-4.14	-4144.37	-335314.6092
5080 - 5100	5090	33930.66	0.03	3.12	-3.50	-3496.44	-118636.6604
5100 - 5120	5110	57408.08	0.06	5.28	-2.65	-2653.46	-152329.9351
5120 - 5140	5130	25169.41	0.03	2.31	-2.13	-2128.87	-53582.40652
5140 - 5160	5150	15820.23	0.02	1.45	-1.98	-1984.29	-31391.85723
5160 - 5180	5170	51269.15	0.05	4.71	-0.74	-742.49	-38066.77187
5180 - 5200	5190	67062.50	0.07	6.16	-0.30	-295.53	-19818.83878
5200 - 5220	5210	117735.26	0.12	10.82	0.01	6.34	746.304641
5220 - 5240	5230	67684.15	0.07	6.22	-0.24	-244.32	-16536.66255
5240 - 5260	5250	61709.35	0.06	5.67	-0.28	-279.81	-17266.8181
5260 - 5280	5270	49650.47	0.05	4.56	-0.32	-323.10	-16042.29117
5280 - 5300	5290	32328.62	0.03	2.97	-0.42	-416.99	-13480.79487
5300 - 5320	5310	28596.57	0.03	2.63	-0.36	-358.17	-10242.30228
5320 - 5340	5330	21699.83	0.02	1.99	-0.30	-304.40	-6605.424362
5340 - 5360	5350	18297.52	0.02	1.68	-0.46	-456.95	-8360.970343
5360 - 5380	5370	17175.51	0.02	1.58	-0.51	-509.18	-8745.440098
5380 - 5400	5390	19482.40	0.02	1.79	-0.60	-604.08	-11768.84079
5400 - 5420	5410	26872.76	0.03	2.47	-0.78	-779.02	-20934.31903
5420 - 5440	5430	18838.46	0.02	1.73	-0.37	-371.34	-6995.458272
5440 - 5460	5450	24389.27	0.02	2.24	-0.20	-203.85	-4971.782198
5460 - 5480	5470	30128.43	0.03	2.77	-0.12	-115.81	-3489.047022
5480 - 5500	5490	21393.76	0.02	1.97	0.00	-3.18	-68.10614013
5500 - 5520	5510	22459.93	0.02	2.06	0.07	72.98	1639.236661
5520 - 5540	5530	22832.31	0.02	2.10	0.09	94.11	2148.83762
5540 - 5560	5550	14644.28	0.01	1.35	0.16	160.34	2348.086787
5560 - 5580	5570	22324.97	0.02	2.05	0.20	204.85	4573.304006
5580 - 5600	5590	19337.83	0.02	1.78	0.00	3.72	71.8767575
Total		1087894.04	1.09	100.00		204.85	1'336,588.483

Tabla 9: Aporte en volumen del proceso de fusión glaciaria en la zona de ablación.

Acumulación

Balance por rango altitudinal en la zona de acumulación

Se estudió información glaciológica obtenida en la muestra de los pozos de acumulación, dicha muestra se perforó hasta ubicar a la capa basal o la mancha de material particulado depositada al final del periodo hidrológico del año anterior (2016), siendo de una profundidad máxima de 75.5 cm. Con la información de la densidad determinada en dicha perforación, espesor antes mencionado se determinó el volumen acumulado de 10,781.34 m³, valor menor a la de fusión, motivo por el cual se tiene un balance muy negativo en el año calendario, en el siguiente cuadro se puede observar dicha información a mayor detalle (Véase, tabla N°10).

Rango de altitud (msnm)	Area (m ²)	Balance por rango altitudinal (m)	Volumen acumulado (m ³)
5480 - 5600	122,993.09	0.12	10,781.34
Volumen de agua acumulada			10,781.34

Tabla 10: Aporte de nieve y volumen acumulado en la zona de acumulación.

Balance neto específico calendario por rango altitudinal

Para el balance neto calculado en el periodo anual (marzo del 2016 a mayo del 2017), es de -1138.88 mm eq de agua, lo que indica un aporte neto glaciar hacia el pacífico de 0.67 lts/seg. y hace la diferencia de lo obtenido en la zona de ablación y acumulación.

Balance neto por rango altitudinal en el glaciar Sullcón (Véase, tabla N°11).

Volumen fusionado (m ³)	Volumen acumulado (m ³)	Balance estacional de masas (m ³)	Balance neto específico en (mm equ de agua)
2,413,219.49	10,781.34	2,402,438.15	-1138.88

Tabla 11: Balance estacional de masas en volumen y milímetros equivalente de agua.

Para mayor detalle, se presenta en la siguiente tabla el balance por rango altitudinal (Véase, tabla N°12).

Rango de altitud (m s.n.m.)	Altitud promedio (m)	Area (m ²)	Area (Km ²)	Area relativa	balance neto (m.e.w)	balance neto (mm.e.w)
5000 - 5040	5020	54322.88	0.05	4.99	-0.14	-140.00
5040 - 5060	5050	44420.92	0.04	4.08	-0.19	-187.47
5060 - 5080	5070	80908.51	0.08	7.44	-0.31	-307.96
5080 - 5100	5090	33930.66	0.03	3.12	-0.11	-108.96
5100 - 5120	5110	57408.08	0.06	5.28	-0.14	-139.90
5120 - 5140	5130	25169.41	0.03	2.31	-0.05	-49.21
5140 - 5160	5150	15820.23	0.02	1.45	-0.03	-28.83
5160 - 5180	5170	51269.15	0.05	4.71	-0.03	-34.96
5180 - 5200	5190	67062.50	0.07	6.16	-0.02	-18.20
5200 - 5220	5210	117735.26	0.12	10.82	0.00	0.69
5220 - 5240	5230	67684.15	0.07	6.22	-0.02	-15.19
5240 - 5260	5250	61709.35	0.06	5.67	-0.02	-15.86
5260 - 5280	5270	49650.47	0.05	4.56	-0.01	-14.78
5280 - 5300	5290	32328.62	0.03	2.97	-0.01	-12.38
5300 - 5320	5310	28596.57	0.03	2.63	-0.01	-9.45
5320 - 5340	5330	21699.83	0.02	1.99	-0.01	-6.07
5340 - 5360	5350	18297.52	0.02	1.68	-0.01	-7.81
5360 - 5380	5370	17175.51	0.02	1.58	-0.01	-8.03
5380 - 5400	5390	19482.40	0.02	1.79	-0.01	-10.81
5400 - 5420	5410	26872.76	0.03	2.47	-0.02	-19.23
5420 - 5440	5430	18838.46	0.02	1.73	-0.01	-6.42
5440 - 5460	5450	24389.27	0.02	2.24	0.00	-4.70
5460 - 5480	5470	30128.43	0.03	2.77	0.00	-3.20
5480 - 5500	5490	21393.76	0.02	1.97	0.00	-0.06
5500 - 5520	5510	22459.93	0.02	2.06	0.00	1.51
5520 - 5540	5530	22832.31	0.02	2.10	0.00	1.97
5540 - 5560	5550	14644.28	0.01	1.35	0.00	2.16
5560 - 5580	5570	22324.97	0.02	2.05	0.00	4.20
5580 - 5600	5590	19337.83	0.02	1.78	0.00	0.07
Total		1'087,894.04	1.09	100.00	-1.14	-1138.88

Tabla 12: Balance neto específico por rango altitudinal 2016- 2017.

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 $Z = f(B_n)$ y al eje de las abscisas ($B_n = 0$); donde para el periodo en evaluación (mayo – noviembre) corresponde a la altura 5430.4 m s.n.m. La ecuación que más se ajusta es una Polinómica de tercer orden (Véase, ilustración N°1).

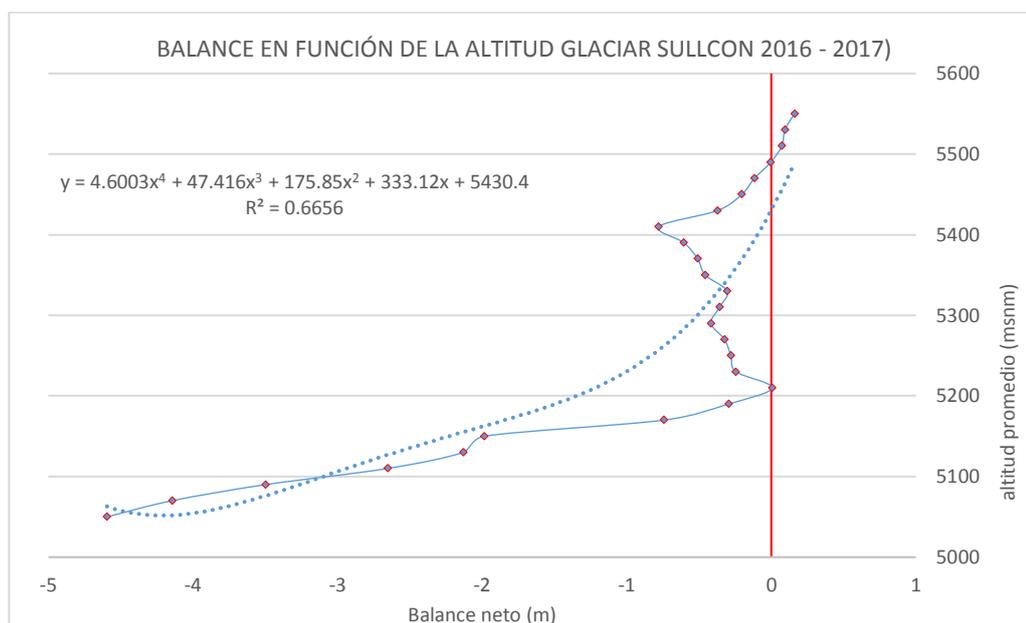


Ilustración 6: Balance en función de la altitud - ELA.

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 11.3% para la lengua glaciar Sullcón, haciendo notar que hubo una acumulación poco considerable.

Dinámica y geometría glaciar

Estas variables están representadas en la siguiente tabla, el levantamiento topográfico se realizó con estación total de alta precisión (Véase, tabla N°13).

BALIZA (12/05/2017)	NORTE (m)	ESTE (m.)	COTA (m s.n.m.)	BALIZA (19/03/2016)	NORTE (m)	ESTE (m.)	COTA (m s.n.m.)	Desplaz (m)	Velocidad (m/año)	Dif. Altura (m)
S-2A	8686162.47 7	384010.84 3	5016.102	S-02	8686159.5 8	384017.26 8	5040.73	7	6	25
S-3A	8686049.40 5	384013.87 9	5032.479	S-03	8685984.0 8	384051.4	5067.12	75	65	35
S-4A	8685884.34 8	384059.45	5053.488	S-04	8685885.9 9	384088.20 2	5074.088	29	25	21
S-5A	8685933.06 7	384261.04 7	5047.199	S-05	8685811.7 8	384211.09 9	5090.632	131	114	43
S-6A	8685802.21 2	384174.82 1	5062.784	S-06	8685948.1 5	384285.07 4	5070.027	183	159	7

Tabla 13: 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°05 (S – 5A), sobre los 5047 m s.n.m. (Véase, ilustración N°7 y figura N°10).

El comportamiento de la dinámica glaciar en desplazamiento y velocidad de los puntos de control de la lengua glaciar, se ven influenciados por la acumulación de rocas y detritos de todo tamaño, distribuidos de forma parcial sobre la superficie glaciar; es importante mencionar que los espacios de aire entre el material de roca acumulado sobre el glaciar tiene cierta influencia en la variación de altitud de las balizas, esto se evidencia en las variaciones abruptas de altitud en la red de control.

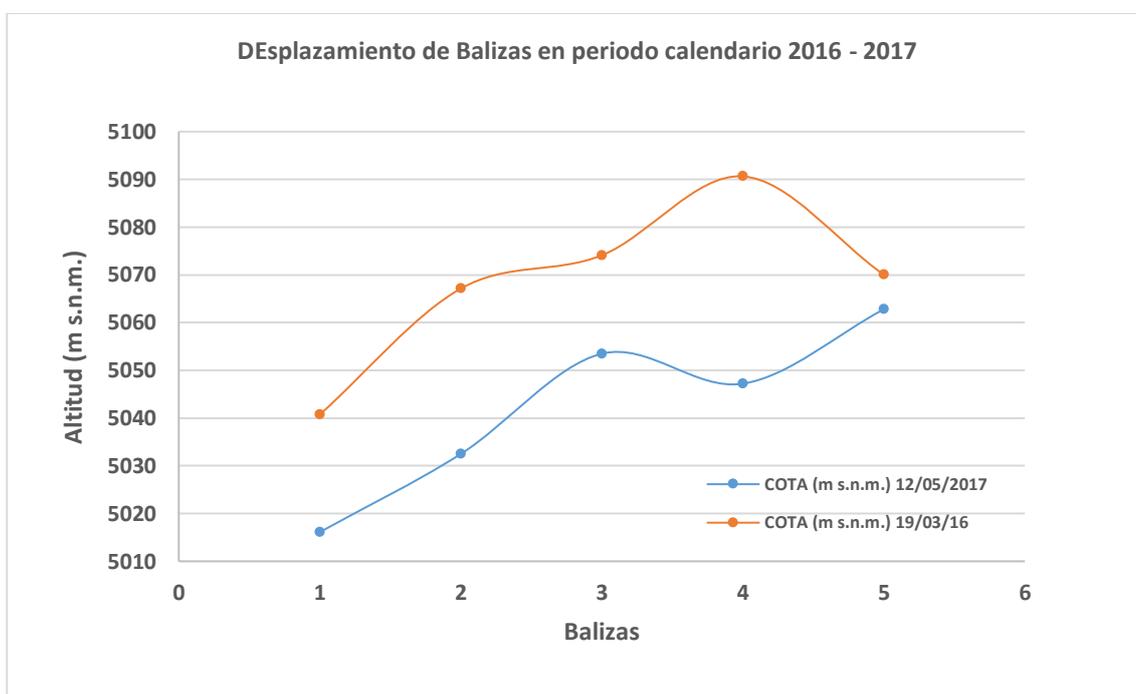


Ilustración 7: Desplazamiento de las balizas en la superficie glaciar.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

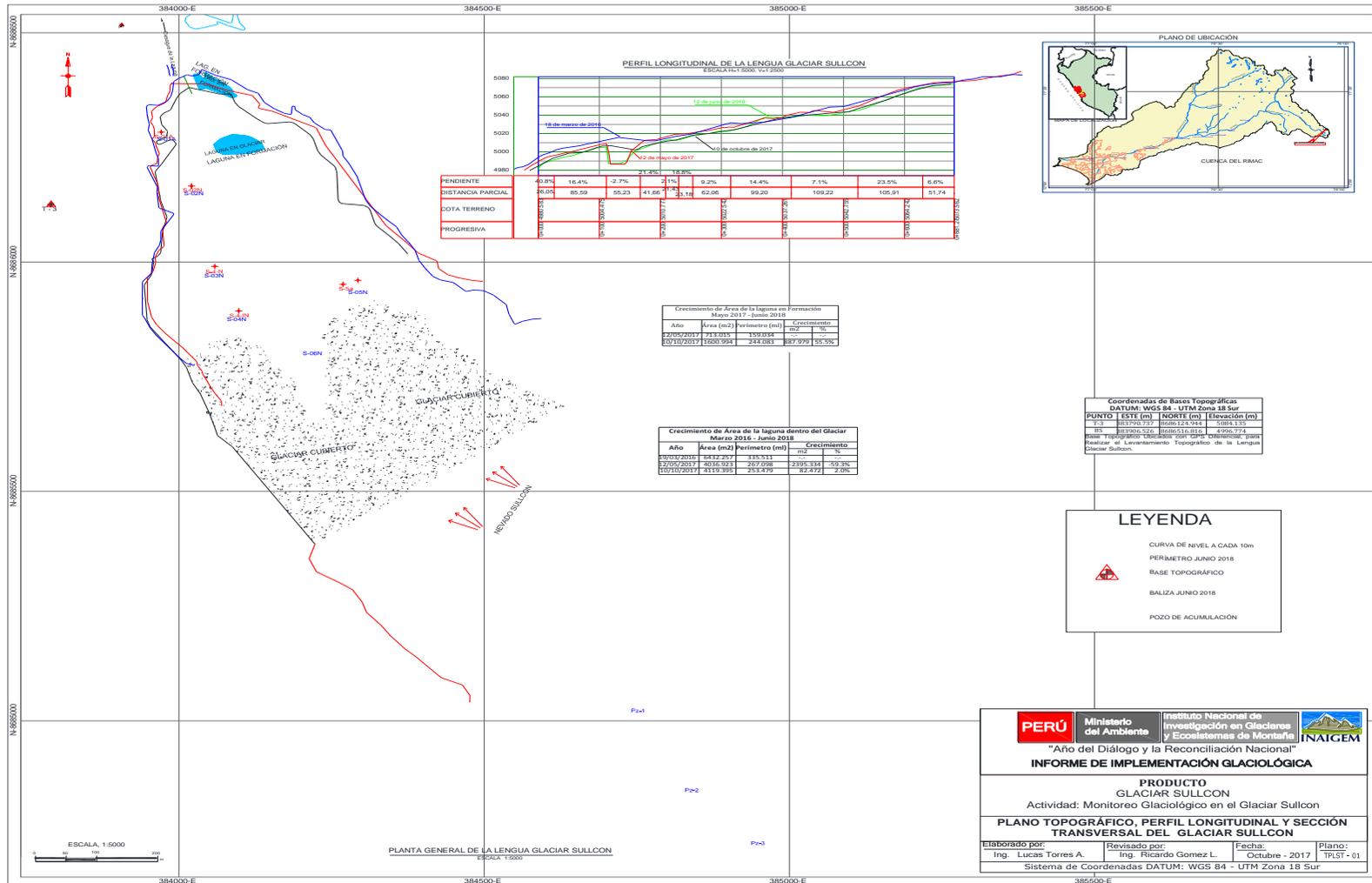


Figura 10: Desplazamiento de balizas sobre el glaciar Sullcón del 2016 - 2017.



V. CONCLUSIONES

- 5.1 El balance neto específico del glaciar Sullcón durante el año calendario 2016-2017, es de -1138.88 mm eq de agua, con un aporte en volumen de 0.067 m³/seg.
- 5.2 La ELA (línea de equilibrio altitudinal), se encuentra ubicado sobre los 5430.4 m s.n.m., su área de ablación representa un 88.7% y la de acumulación representa un 11.3% de la superficie total de glaciar, lo que nos demuestra que a mayor superficie glaciar en la zona de acumulación, el resultado es más negativo, lo que indica que la temporada de precipitación ha sido poca la acumulación de nieve y mayor fusión.
- 5.3 Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Sullcón, a escala 1:2000; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 28,857 Hectáreas de área glaciar, Se observó una pendiente de 26%.

VI. RECOMENDACIONES

- 11.1 Realizar mediciones periódicas de por lo menos dos veces al año, con la finalidad de llevar un control de ablación en el glaciar.
- 11.2 Continuar con el monitoreo topográfico del glaciar Sullcón, 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.
- 11.3 La microcuenca Sullcón, se debe realizar una serie de procedimientos que permitan desviar el cause, dado que se ha cortejado en campo que el aporte glaciar hacia el Pacífico es de tan sólo 0.67lts/seg, es necesario poder generar mayor aporte a la misma dado que la mayor concentración poblacional en el Perú esta en la ciudad de Lima, la cual se beneficia de este recurso, tanto para consumo, como generación hidroeléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANA. (2010). *INVENTARIO DE GLACIARES Cordillera Blanca*. Huaraz: ANA.
- 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.
- HIDRANDINA S.A. (1988). *INVENTARIO DE GLACIARES DEL PERU*. Huaraz.
- INAIGEM. (2016). *MONITOREO GLACIOLÓGICO EN EL GLACIAR SULLCÓN*. Huaraz.
- 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. (1966). *GEOLOGICO - GLACIOLOGICO DE LA CUENCA SUPERIOR DE QUITARACSA*. Lima.: Corporacion Peruana del Santa.

- Morales, B. (2014). *Volculario 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 Glossary. *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

- **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.

- **Balance de masas.**

Es el cambio en la relación pérdida-ganancia del glaciar, observado durante un período de tiempo determinado, que puede ser mensual, estacional o anual (el más utilizado). Se expresa como el volumen de agua equivalente, en m.e./año o la altura de la lámina de agua equivalente a la fusión del glaciar, en mm. (Francou & Pouyaud, 2008 - b).

- **Batimetría.**

Con el propósito de conocer el volumen y morfología del fondo de las lagunas se utiliza un equipo de posicionamiento GPS y una eco sonda digital con recolección de datos. Con la ayuda de un bote, se emite la eco sonda y por rebote de ondas se determina las profundidades y volúmenes respectivos (Morales, 2014).

- **Corriente supra glaciar.**

Es una corriente de agua de fusión del glaciar que corre sobre la superficie (Morales, 2014).

- **Farallón Glaciar.**

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

- **Glaciares.**

Un glaciar es un sistema dinámico que, debido a las características mecánicas de su material (nieve, hielo, agua), transfiere un exceso de masa desde arriba, donde se genera, hacia abajo, donde poco a poco desaparece por ablación (Francou & Pouyaud, 2004 - a).

- **Glaciar Colgado.**

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

- **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.**

Los glaciares por efectos de la carga de nieve anual que tienen en la zona de acumulación, por efectos de la 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, teniendo velocidades de movimientos del orden de 2 a 40 m. año en nuestros glaciares y de cientos de m. año en otros glaciares de latitudes medias y bajas (Morales, 2014).

- **Quebrada.**

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

- **Riesgos de los Glaciares.**

Los glaciares por su misma constitución, son masas de hielo que tienen movimiento continuo 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. Como el caso del aluvión de Huaraz del año 1941 o avalanchas catastróficas como las del Huascarán en los años 1962 y 1970 (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).

- **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).

- **Variabilidad Climática.**

Es la variación en el estado medio del clima en todas las 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).

- **Azimut.**

Angulo entre el meridiano y una línea, medido siempre en el sentido horario, desde el punto Norte del meridiano, estos pueden tener valores de entre 0 y 400

gradianes. Los azimutales se obtienen por medio de operaciones posteriores y reciben el nombre de azimutes calculados (Zamaripa, 2010).

- **La Taquimetría.**

Es un sistema de levantamiento que consta en determinar la posición de los puntos del terreno por radiación, refiriéndolo a un punto especial (estación) a través de la medición de sus coordenadas y su desnivel con respecto a la estación. Este punto especial es el que queda determinado por la intersección del eje vertical y el horizontal de un taquímetro centrado sobre un punto fijado en terreno (Zamaripa, 2010).

- **La Poligonación.**

Se utiliza para ligar las distintas estaciones necesarias para representar el terreno.

Para establecer una poligonal cerrada basta calcular el azimut de un lado del polígono y los ángulos interiores formados por los ángulos de este (Zamaripa, 2010).

- **Poligonal.**

Línea quebrada y cerrada que liga las distintas estaciones desde donde se harán y a las cuales estarán referidas las mediciones para los puntos del levantamiento (Zamaripa, 2010).

- **Altura Instrumental.**

Distancia vertical que separa el eje óptico del taquímetro de la estación sobre la cual está ubicado (Zamaripa, 2010).

- **Estación.**

Punto del terreno sobre el cual se ubica el instrumento para realizar las mediciones y a la cual estas están referidas (Zamaripa, 2010).

- **Desnivel.**

Diferencia de cota o altura que separa a dos puntos (Zamaripa, 2010).

- **Radiación.**

Una vez que las estaciones están fijas se utiliza el método de radiación para establecer las posiciones de los diversos puntos representativos del terreno. Este consiste en fijar la posición relativa de los diversos puntos con respecto a la estación desde la cual se realizaron las mediciones (Zamaripa, 2010).

- **Curva de Nivel.**

Línea imaginaria que une en forma continua todos los puntos del terreno que poseen una misma cota, también se puede definir como la intersección de un plano horizontal imaginario, de cota definida, con el terreno. Las curvas de nivel

poseen una serie de características, que son esenciales para su interpretación. A continuación se enunciarán las más importantes (Zamaripa, 2010).

- **Levantamiento.**

Es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calcula superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos entonces son topográficos (Martinez, 2006).

- **Estación Total.**

Dispositivo topográfico electrónico, con capacidad de almacenamiento de los puntos que se levantan en el terreno. (Mide distancia, coordenadas en los tres ejes x,y,z; así, como la medida de ángulos horizontales y verticales, es un instrumento de bastante precisión) (Martinez, 2006).

ANEXOS

PANEL DE FOTOGRAFÍAS



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



Vista donde se puede observar la lagunas supraglaciar en la lengua glaciar Sullcón.



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