

REGLAMENTO DE MANTENCIÓN Y OPERACIÓN DE LA RED DE MONITOREO E INVENTARIO DE GLACIARES Y NIEVES

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

ARTÍCULO 1. OBJETO. El presente reglamento tiene por objeto la mantención y operación de la Red de Monitoreo y el Inventario de Glaciares y Nieves.

Ello incluye establecer las características técnicas y alcances de la red de monitoreo de glaciares y nieves, permitiendo así la construcción de una base de datos cuantitativa a nivel regional y local para realizar estudios glaciológicos en respuesta al cambio climático. El sistema ha sido implementado en cabeceras de cuencas representativas mediante estaciones fijas (EMAF, permanentes, en la periferia de glaciares) y móviles (EMAM, ubicadas sobre glaciares, generalmente durante el período estival), tendientes a cuantificar lo siguiente:

- Climatología de superficie en cuencas glaciadas;
- Balance de masa y energía en glaciares piloto;
- Nivel de lagos glaciares;
- Estado termal de los suelos congelados; y
- Descarga de agua en cuencas de montaña.

Se establece, asimismo, el Inventario Público Glaciológico (en adelante, IPGL), como parte integral del Catastro Público de Aguas, que incluye el Inventario Público de Glaciares (en adelante, IPG) y el Inventario Público de Cobertura Nival (en adelante, IPCN). Ambos cubren todo el territorio nacional del continente sudamericano.

El IPG incluye glaciares descubiertos, cubiertos y glaciares rocosos. Se adopta en el IPG la clasificación primaria de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (en adelante, UNESCO), en que los glaciares se clasifican en glaciar de montaña, glaciarete, glaciar de valle, glaciar efluente, y glaciar rocoso. Para el inventario, se empleó como criterio de mapeo un área mínima de 1 hectárea (ha), también según normativa UNESCO. Según establece la Estrategia Nacional de Glaciares, el IPG se debe actualizar cada 10 años.

El IPCN establece, a nivel anual, la cobertura nival máxima en todo el territorio, basado en imágenes satelitales de una resolución espacial de 500 metros. En las regiones desde Coquimbo por el norte hasta Magallanes por el sur el máximo nival ocurre en el invierno austral, mientras que entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama puede ocurrir durante el invierno altiplánico (verano austral).

ARTÍCULO 2. DEFINICIONES. Para los efectos de este reglamento se establecen las siguientes definiciones:

a) Archivo vectorial: Estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos con coordenadas. Las unidades básicas de información geográfica de los datos vectoriales son puntos, líneas (arcos) y polígonos.

- b) Balance de energía glaciar: Relación que describe el cambio en la cantidad de energía almacenada dentro de un volumen (glaciar) definido debido a los flujos de energía a través de los límites del volumen (glaciar).
- c) Balance de masa glaciar: Cambio en la masa de un glaciar, o parte del glaciar, durante un período de tiempo determinado.
- d) Banco Nacional de Aguas (BNA): Sistema computacional desarrollado por la DGA, en 1980 el cual ha tenido varias actualizaciones o modernizaciones, es un manejador de base de datos que sirve para gestionar el territorio bajo el punto de vista hídrico, en él se almacenan y consultan los datos que recoge la red hidrometeorológica de la DGA
- e) Campo de Hielo: Gran cuerpo de hielo que cubre un terreno montañoso pero que no tiene suficiente espesor como para cubrir toda la topografía del subsuelo, por lo que su flujo no es predominantemente radial como el de un casquete de hielo. Menor a 50.000 km² en área.
- f) Capa activa: Capa de suelo que está sujeta a descongelación y congelación anual en áreas subyacentes por *permafrost*.
- g) Casquete de hielo: Cuerpo de hielo en forma de domo con flujo radial, que cubre en gran medida la topografía del subsuelo. Menor a 50.000 km² en área.
- h) Código de glaciar: Código único de cada polígono correspondiente a un glaciar que forma parte del Inventario Público de Glaciares y al que se le asocia información detallada en los campos de información.
- i) Datalogger: Registrador de datos: Dispositivo electrónico equipado con memoria interna y puertos o conectores de entrada y salida, que sirve para el registro y respaldo digital de los datos medidos.
- j) DFIR: Double Fence Inter-comparison Reference: Sistema que consta de dos pantallas octogonales concéntricas y con diámetros distintos, en cuyo centro se instala un pluviómetro totalizador de báscula. Un segundo pluviómetro totalizador con una pantalla protectora de viento convencional tipo *Alter shield* se instala fuera de las pantallas octogonales.
- k) EMAF: Estación Meteorológica Automática Fija.
- l) EMAM: Estación Meteorológica Automática Móvil.
- m) Glaciar: Masa de agua terrestre en estado sólido, de ocurrencia natural, que haya perdurado al menos 5 años, con presencia de hielo y eventualmente neviza y nieve superficial, con evidencia de flujo actual o pasado, independiente de su estado de degradación, cualquiera sea su forma geométrica y ubicación (glaciar de valle, de montaña, efluente, campo de hielo, glaciarete, glaciar rocoso u otros), y su cobertura detrítica superficial al final del período de ablación. Son partes constituyentes de un glaciar, su material detrítico rocoso superficial o incorporado en el interior del glaciar y el agua líquida, tanto superficial como interna.
- n) Glaciar Cubierto: Glaciar con relevante cobertura de rocas en superficie.
- o) Glaciar Efluente: Glaciar que drena desde un campo de hielo, mayor o igual a 25 hectáreas.

- p) Glaciar Descubierto: Glaciar prácticamente sin cobertura de rocas en superficie.
- q) Glaciar de Montaña: Glaciar localizado en la ladera de una montaña, mayor o igual a 25 hectáreas.
- r) Glaciar Rocoso: Masa de fragmentos o bloques de roca y material fino que yace en una pendiente y contiene hielo intersticial o hielo macizo, presenta evidencias de flujo pasado o presente, y que en su superficie presenta una cobertura completa o casi completa de detritos. También llamado glaciar de rocas, y glaciar de escombros (Argentina).
- s) Glaciar de Valle: Glaciar cuyo cuerpo principal se ubica en un valle, mayor o igual a 25 hectáreas.
- t) Glaciarete: Glaciar de área menor a 25 ha, sin patrón marcado de flujo visible en la superficie.
- u) Inventario Público de Cobertura Nival (IPCN): Inventario de la cobertura nival (superficie de nieve) máxima, actualizado anualmente, en las cuencas presentes en el territorio nacional.
- v) Inventario Público de Glaciares (IPG): Inventario, actualizado en forma decenal, de los cuerpos de hielo glaciar presentes en el territorio nacional.
- w) Macrozona Glaciológica Austral: Porción del territorio nacional que abarca desde la cuenca del Río Baker (límite norte), hasta el Cabo de Hornos (límite sur).
- x) Macrozona Glaciológica Centro: Porción del territorio nacional que abarca desde la cuenca del Río Aconcagua (límite norte), hasta la cuenca del Río Maule (límite sur).
- y) Macrozona Glaciológica Norte: Porción del territorio nacional que abarca desde el extremo norte de Chile hasta la cuenca del Río Choapa.
- z) Macrozona Glaciológica Sur: Porción del territorio nacional que abarca desde la cuenca del Río Itata (límite norte), hasta la cuenca del Río Aysén (límite sur).
- aa) *Permafrost*: Tipo de suelo, sedimento o roca, con o sin hielo y materia orgánica, que permanece a 0°C o por debajo de 0°C por dos o más años consecutivos. Incluye la capa activa por encima.
- bb) Polígono. Se trata de un objeto espacial de dos dimensiones, representado mediante una sucesión de líneas que forman un anillo cerrado.
- cc) Red de Monitoreo de Glaciares y Nieves: Red de monitoreo que consta de estaciones implementadas en la cordillera mediante estaciones fijas (EMAF) y móviles (EMAM), registrando datos meteorológicos y glaciológicos en cuencas representativas con presencia permanente o cuasi permanente de hielo y nieve.
- dd) Sistema de Información Geográfico: Marco para recopilar, gestionar y analizar muchos tipos de datos con representación en el espacio.

ee) Suelo congelado: Suelo que presenta temperatura bajo o igual a 0°C durante al menos 2 años (en cuyo caso se clasifica como *permafrost*), o bien solo durante una parte del periodo frío (en cuyo caso se clasifica como suelo estacionalmente congelado).

ff) Tabla de atributos: Conjunto de columnas (campos) de información en donde cada fila representa un polígono único correspondiente a un glaciar de las categorías definidas anteriormente.

TÍTULO II DE LA RED DE MONITOREO DE GLACIARES Y NIEVES

ARTÍCULO 3. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA RED DE MONITOREO DE GLACIARES Y NIEVES.

La Red de Monitoreo de Glaciares y Nieves tiene por objeto medir y registrar datos meteorológicos y glaciológicos cuantitativa a nivel regional y local para realizar estudios glaciológicos en respuesta al cambio climático. El sistema ha sido implementado en cabeceras de cuencas representativas mediante estaciones fijas (EMAF, permanentes, en la periferia de glaciares) y móviles (EMAM, ubicadas sobre glaciares, generalmente durante el período estival), tendientes a cuantificar lo siguiente:

- Climatología de superficie en cuencas glaciadas;
- Balance de masa y energía en glaciares piloto;
- Nivel de lagos glaciares;
- Estado termal de los suelos congelados; y
- Descarga de agua en cuencas de montaña.

3.1 Condiciones técnicas generales

Las condiciones técnicas generales que deberán cumplir los elementos que pertenezcan a la Red de Monitoreo de Glaciares y Nieves se regirán por las reglas establecidas en el presente artículo.

3.2 Observación y datos

La red tiene por objeto registrar las principales variables glaciológicas, que puede incluir una o varias de las siguientes mediciones: ablación de un glaciar, temperatura del subsuelo, precipitación sólida versus líquida, fotografías secuenciales de procesos glaciológicos, sismicidad en el entorno de un glaciar, velocidad de un glaciar y/o las variables esenciales del clima.

3.2.1 Variables esenciales del clima

El diseño e implementación de la red de monitoreo glacio-meteorológica, en el contexto de las recomendaciones del GCOS/GTOS (Global Climate Observing System /*Global Terrestrial Observing System*) y GTN-G (Global Terrestrial Network for Glaciers), se incluye el monitoreo de las variables esenciales del clima (ECVs) en cuencas de montaña. En cada estación glacio-meteorológica fija instalada se debe medir los siguientes parámetros, en caso de ser posible:

- Temperatura y humedad relativa del aire con ventilación aspirada (°C);
- Temperatura y humedad relativa del aire con ventilación pasiva (°C);
- Velocidad y dirección del viento (m/s y grados sexagesimales);
- Presión atmosférica (mb);
- Radiación de onda corta incidente (W/m²);
- Radiación de onda larga incidente (W/m²);
- Pluviómetro *tipping bucket* y pantalla protectora de viento (mm);
- Pluviómetro totalizador (agua y nieve) con anticongelante y pantalla protectora de viento (mm) (Opcional);
- Altura de nieve en mástil (cm); y
- Acumulación de nieve con *Snow Scale* (mm) (Opcional).

3.2.2 Criterios para selección de cuencas

Se definen los siguientes criterios para la instalación de estaciones fijas y móviles:

- a) Grandes complejos de hielo y/o grupos montañosos, al sur de la Diagonal Árida de los Andes, desde los Andes Áridos a los Andes Húmedos, para definir un gradiente latitudinal norte-sur;
- b) Glaciares ubicados en zonas representativas de la diversidad geográfica del territorio nacional, incluyendo al menos una estación por región entre los Andes semi-áridos, entre las regiones de Atacama en el Norte Chico y la cuenca del Río Rapel en la Zona Central;
- c) Micro-cuencas glaciadas de altura por sobre los 4.000 m s.n.m. y en condiciones de prístinidad para medir el régimen natural;
- d) Transectas oeste-este en ambos márgenes y en el interior de los Campos de Hielo de Chile austral para definir un gradiente oeste-este (Figura 1); y
- e) Posibilidades logísticas, mantención y seguridad en operación.

3.3 ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

El sistema se implementa en las cabeceras de cuencas representativas y en el caso de estaciones fijas requiere la construcción de obras civiles menores como soporte para el montaje de los instrumentos de medición permanente, acumulación de datos en *dataloggers* y transmisión satelital. Estos sistemas deben ser mantenidos periódicamente en un programa anual de mantención y solución de fallas.

3.3.1 Consideraciones de diseño

Las principales distorsiones que se pretende evitar en la implementación de la red de estaciones son las siguientes:

- a) Influencia de topografía irregular que genere inversión térmica y/o aceleración de viento. Por el contrario, los sitios de monitoreo deben ser lugares abiertos, de topografía idealmente plana.
- b) Instalación de equipos a altura disímil entre estaciones. Las alturas instrumentales deben ser estandarizadas en lo posible.
- c) Mala ventilación de sondas de temperatura en días de alta temperatura, de elevada radiación solar y sin viento.
- d) Precisión y tipo de instrumento: deben utilizarse sondas de temperatura que no utilicen resistencias eléctricas que

- provoquen diferencias a nivel de voltaje. Todos los equipos deben ser categoría "research grade", lo que se consigna con la mayor precisión disponible.
- e) Ineficiencia del pluviómetro por viento, que requiere una pantalla protectora para mejorar la eficiencia de captura del pluviómetro y medición de velocidad del viento para corregirla.
 - f) Uso solamente de pluviómetros normales (tipo *tipping bucket*) que no son capaces de medir nieve. Se prefiere usar en forma complementaria un pluviómetro totalizador, que mide precipitación acumulada (sólida y líquida).
 - g) Redistribución por viento, escarcha, precipitación acumulada (AP) y equivalente en agua (SWE) de la nieve.

Para abordar estas distorsiones, el diseño de la red debe incorporar en lo posible, las siguientes características:

- Duplicar sensor de temperatura del aire con protección pasiva de tipo voltaje;
- Sensor de temperatura del aire con sistema de protección de aire aspirado;
- Anemómetro;
- Radiómetros de onda corta y onda larga;
- Pantalla protectora de viento tipo Alter *shield* para el pluviómetro *tipping bucket*;
- Pluviómetro totalizador de báscula y sistema anticongelante que permite la captura de precipitación líquida y sólida, con pantalla protectora Alter *shield*;
- Sensor de distancia sónico o láser en mástil principal a 2 m (altura de nieve);
- Sensor de equivalente en agua de la nieve (snow scale) en complemento con sensor de altura de nieve; y
- Construcción de un sistema de inter-comparación de precipitación nival (DFIR, del inglés Double-Fence Intercomparison Reference) de doble pantalla protectora.

3.3.2 Estaciones meteorológicas automáticas fijas (EMAF)

Para el caso de las EMAF, los sensores se instalan en un mástil principal tipo "T". La estructura consiste en un mástil vertical de 2 m de altura con un travesaño de 1,7 m, cuya orientación se ajusta mediante los pernos de fijación que están preinsertos al mástil al momento de instalar la estructura en forma definitiva. En zonas de mayor acumulación nival se dispone una torre de 4,0 m para asegurar medición invernal, y también se puede habilitar un segundo nivel a 2,0 m. El mástil se funda en una base de hormigón o en roca de buena calidad, en su defecto. La base del mástil consiste en una placa que une perpendicularmente el mástil con la base. La placa base tiene cuatro perforaciones que permiten el afianzamiento de la estructura a la fundación.

Siempre que sea necesario, se instala un cerco perimetral de protección en base a pilares metálicos, montados sobre machones de hormigón que delimitan el área mediante cordones de acero. La altura del cerco se define para que no intervenga en los registros meteorológicos. Las estructuras metálicas de soporte de los sensores y pilares se instalan sobre un machón de

hormigón mediante un sistema de canastillo (hormigón armado), inserto y nivelado previamente en el machón de anclaje.

A un costado del mástil principal se instala la estructura del pluviómetro, consistente en un asta instalada con una placa de metal sobre un machón de hormigón. Alrededor del pluviómetro se instala una pantalla protectora de viento tipo "Alter shield", para atenuar los efectos de la turbulencia en la corona del dispositivo. La altura de la torre debe corregirse según la geometría del pluviómetro, permitiendo la captura de precipitación a una altura estándar de 1,5 m.

Del mismo modo, tanto *dataloggers* como panel solar, transmisores, antena y baterías se instalan en una estructura secundaria anexa al mástil principal y al pluviómetro. La estructura para el panel solar y gabinete consiste en dos astas instaladas con una placa de metal sobre un machón de hormigón. Sin embargo, esta estructura puede suprimirse cuando se instala una torre meteorológica principal de 4,0 m de alto, ya que la totalidad del equipamiento puede acoplarse en ésta. A una distancia superior o igual a 3,0 m de cualquier otra estructura dentro de la estación meteorológica, el asta de acero debe estar dotada de una parrilla de sujeción para el gabinete metálico y debe disponer de una cruceta metálica para la sujeción de los paneles solares. Por su parte, el gabinete, donde se instala el transmisor satelital, debe cumplir con las características de protección de la norma IP67, y debe estar conectado entre este mástil y la estructura de sensores.

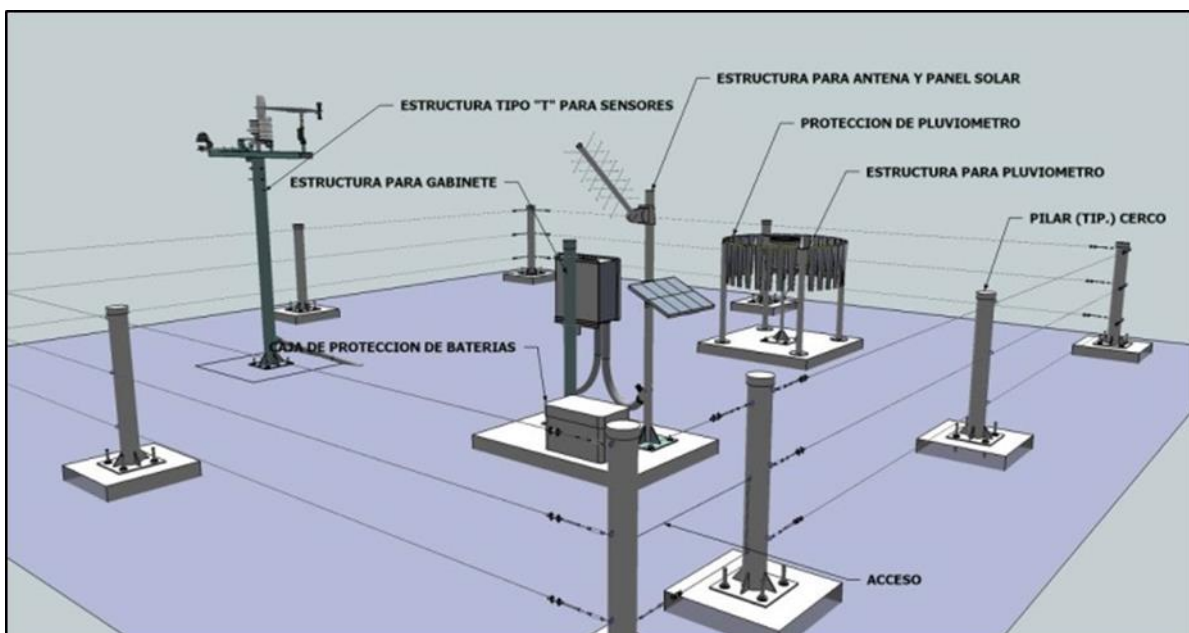


Figura 1

Esquema general de una Estación Meteorológica Automática Fija, EMAF.

3.3.3 Estaciones Meteorológicas Automáticas Móviles (EMAM)

Las EMAM consisten en estaciones que se instalan sobre la superficie del glaciar. En las macrozonas norte, centro y sur las EMAM se instalan solo en la época estival, debido a que en la época invernal serían cubiertas por nieve y se podrían dañar por acumulación y avalanchas. En la macrozona austral las EMAM se ubican a cotas bajas, donde ocurren limitadas acumulaciones de nieve, por lo cual se pueden mantener en su lugar durante todo el año.

Las EMAM están formadas por una estructura de trípode metálico que permite su transporte e instalación, lo anterior en conjunto con los sensores, gabinetes, datalogger, baterías, paneles solares y sistema de transmisión de datos. Corresponden a una completa unidad de medición autónoma que puede ser instalada en cualquier superficie si fuese necesario.

Las mediciones en superficie se llevan a cabo en cuencas equipadas con estaciones fijas. La instalación temporal de estaciones móviles en temporada estival sobre glaciares incluye también la estimación del balance de masa geodésico con perfiles anuales mediante GPS/GNSS (*Global Positioning System/Global Navigation Satellite System*) y TLS (*Terrestrial Laser Scanner - Escáner Láser Terrestre*).

Esta red de estaciones móviles tiene por objeto obtener los datos necesarios para realizar el balance de energía superficial y el calor disponible para derretimiento en el sitio de la estación. Las mediciones de balance de energía permiten cuantificar las respuestas diferenciadas de glaciares descubiertos y glaciares con cubierta de detritos.

A continuación, se enumeran las variables que en lo posible se deben medir en cada una de las estaciones meteorológicas móvil de la red:

- Temperatura y humedad relativa del aire con ventilación aspirada (°C);
- Temperatura y humedad relativa del aire con ventilación pasiva (°C);
- Velocidad y dirección del viento (m/s y grados sexagesimales);
- Presión atmosférica (mb);
- Radiación de onda corta incidente (W/m^2);
- Radiación de onda corta reflejada por la superficie (W/m^2);
- Radiación de onda larga incidente (W/m^2);
- Radiación de onda larga emitida por la superficie (W/m^2);
- Altura de nieve en mástil y estructura tipo "H" (cm) (Opcional); e
- Inclinómetro en ejes x e y (grados sexagesimales).



Figura 2
Estación Meteorológica Automática Móvil (EMAM), instalada sobre glaciar en época estival, Macrozona Glaciológica Centro.

3.4 Transmisión de datos

La DGA utiliza el satélite geostacionario de operación ambiental de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration, EE.UU.*), conocido como GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite). Este satélite opera asignando códigos ID a cada una de las estaciones de la red con transmisión de datos. El sistema permite transmisión de datos en forma periódica cada una hora, lo cual ocurre en un minuto y segundo determinado de la hora en curso, teniendo una ventana de 10 segundos para cada transmisión en una frecuencia determinada por GOES.

A cada EMAF y EMAM se debe instalar un transmisor satelital, el cual recoge los datos que le entrega el *datalogger*, los codifica y los envía al satélite. Cabe mencionar que esta comunicación es unidireccional (solo transmite, no hay recepción). Cada transmisor cuenta con una antena, que debe ser orientada en dirección al satélite, y con un receptor GPS para mantener la sincronización horaria. Los datos se transmiten vía satélite en forma horaria y son descargados in-situ en cada visita de mantención a cada estación. La información descargada de las estaciones de la red debe ser ingresada al BNA.

3.5 Mantención de la red

Para la red de estaciones fijas se debe definir un plan de mantención a lo menos anual, que conste inicialmente de una evaluación de la información transmitida en caso de que la estación se encuentre habilitada con transmisión de datos periódicos. Posteriormente se debe definir un plan de mantención en cada una de las estaciones de la red, que incluya mejoras, reemplazo/reparación de sensores, mantención de estructuras u obras, etc. Para el caso de algún elemento de la red que no disponga de transmisión de datos, se debe realizar una visita de mantenciones en un periodo de no más de 18 meses desde la última visita. En casos excepcionales (definidos por la UGN), en los cuales las estaciones se consideren "extremas", donde los costos logísticos de visitar la estación sean muy elevados y la capacidad de acceso a la zona geográfica sean limitados, la mantención puede ser planificada en forma bianual.

Para el caso de las estaciones móviles instaladas sólo en periodo estival, éstas deben ser evaluadas al momento de ser retiradas cada temporada anterior, y en base a la información levantada se debe realizar el plan de mantención anual para la temporada siguiente (reemplazo/reparación de instrumento o accesorios de la estructura). Esto permitirá que, al momento de la instalación de cada EMAM, éstas se encuentren cien por ciento operativas.

La DGA deberá levantar un catastro de elementos necesarios, ya sean materiales y/o logísticos para mantener la red en óptimo funcionamiento. La DGA será la encargada de adquirir, distribuir y realizar las mantenciones necesaria de la red de monitoreo de glaciares a nivel nacional.

Debe existir un equilibrio entre el tamaño de la red y la capacidad de mantención de la red por parte de la DGA. En caso de que la red en operación sufra el aumento en su cantidad de estaciones, se debe considerar que el equipo de trabajo asignado para su mantención debe crecer en la misma proporción.

TÍTULO III DEL INVENTARIO PÚBLICO DE GLACIARES

ARTÍCULO 4. CONDICIONES TÉCNICAS DEL INVENTARIO PÚBLICO DE GLACIARES

4.1 Esquema General

Las condiciones técnicas que deberá cumplir el Inventario Público de Glaciares (IPG) de Chile se regirán por las reglas establecidas en el presente artículo.

4.2 Inventario de Glaciares

El Inventario Público de Glaciares corresponde al catastro oficial de los glaciares presentes en territorio chileno sudamericano. En este catastro se individualiza cada cuerpo de hielo en forma independiente y se registran sus características particulares.

4.3 Clasificación Primaria

La clasificación primaria será la establecida por el World Glacier Inventory (WGI), basado en los parámetros morfológicos propuestos por GLIMS (*Global Land Ice Measurements from Space* - Mediciones Globales de Hielo Terrestre desde el Espacio - Iniciativa diseñada para monitorear los glaciares del mundo utilizando principalmente datos de sensores satelitales ópticos). Los glaciares se clasifican en glaciar de montaña, glaciarete, glaciar de valle, glaciar efluente y glaciar rocoso.

4.4 Tamaño mínimo de glaciar

El tamaño mínimo para incluir un glaciar dentro del Inventario Público de Glaciares es de 1 ha (0,01 km²). No obstante lo anterior, para glaciares que ya estén considerados en un inventario precedente, estos se mantendrán en las posteriores actualizaciones del inventario hasta que su área superficial sea menor a 0,1 ha (0,001 km²).

4.5 Datos satelitales

Para el mapeo de glaciares cubiertos y descubiertos se utilizan habitualmente imágenes satelitales de una resolución espacial de 10 a 30 metros. Para glaciares rocosos en cambio, que son normalmente de un tamaño menor a 1 km², se debe utilizar una resolución espacial submétrica, con el fin de poder delimitar con precisión el contorno de los glaciares.

4.6 Formato de los datos

El Inventario Público de Glaciares es una base de datos en formato vectorial, el cual se debe desplegar en un software SIG (sistema de información geográfico) para su visualización y análisis en modo espacial y alfanumérico. Adicionalmente, el Inventario Público de Glaciares incluye un archivo en formato tabla para la visualización y análisis de los datos en formato alfanumérico. Cada glaciar en el inventario es representado por un polígono que tiene atributos que describen al elemento geográfico que representan.

4.7 Mapeo de glaciares

En el software apropiado se debe realizar la delimitación del área de cada glaciar en forma manual por un analista especializado. Para no subestimar el área de glaciares, se debe considerar siempre un principio precautorio para su mapeo. Concretamente, se asume ante cualquier duda al momento de definir su extensión, un contorno máximo de extensión del área estimada de cada glaciar.

En caso de existir información adicional distinta a imágenes satelitales, que aporten información en la delimitación correcta de los glaciares, esta debe ser considerada en el mapeo.

4.8 Codificación de glaciares

Se utilizan los códigos de cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA) para identificar oficialmente cada uno de los glaciares en Chile. El código que se asocia a cada glaciar se compone de 12 caracteres alfanuméricos, los que se identifican de la siguiente manera (ejemplo):

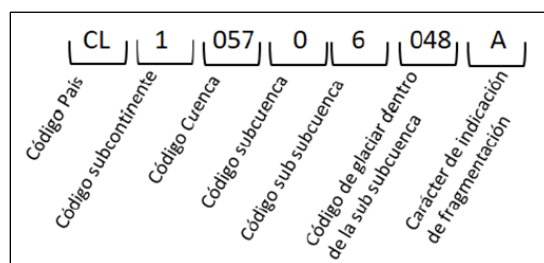


Figura 3

Códigos de cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA) para identificar oficialmente cada uno de los glaciares en Chile.

- Dos letras para código de país donde se ubica el glaciar;
- Un número para indicar el subcontinente donde se ubica glaciar;
- Tres números para asignar la cuenca BNA donde se ubica el glaciar;
- Un número para asignar la subcuenca BNA donde se ubica el glaciar;
- Un número para asignar la sub subcuenca BNA donde se ubica el glaciar;
- Tres números para identificar el glaciar dentro de la sub subcuenca BNA; y
- Un carácter que indica si el glaciar se ha fragmentado desde la versión anterior del inventario, y a la vez indica a qué fragmento corresponde (se asigna "@" si el glaciar no ha sufrido fragmentación desde la versión anterior del inventario y letras consecutivas a cada fragmento en caso de que el glaciar se hubiese fragmentado desde la versión anterior del inventario)

4.9 Tabla de atributos

En el IPG, a cada uno de los glaciares identificados y catastrados se les deben registrar sus principales características, se les asigna código de identificación e información relativa a su ubicación y tamaño entre otras. El IPG presenta una tabla de atributos obligatorios, mientras que otros atributos se consideran opcionales.

4.9.1 Tabla de atributos obligatorios

El Inventario Público de Glaciares consta de una tabla de atributos que contiene 20 campos de información obligatorios.

Los campos obligatorios son los siguientes:

	CAMPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	SHAPE	Tipo de vector utilizado (polígono)	Texto
2	COD_GLA	Código del glaciar definido según normas UNESCO/WGI (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/World Glacier Inventory)	Texto
3	NOMBRE	Nombre del glaciar (en el caso de que posea un nombre, de lo contrario S/N)	Texto
4	CLASIFICA	Clasificación primaria del glaciar según normas UNESCO/WGI	Texto
5	ÁREA_KM2	Área total de hielo glaciar excluyendo afloramientos rocosos (nunataks)	km ²
6	REGIÓN	Nombre de la región donde se sitúa el glaciar	Texto
7	PROVINCIA	Nombre de la provincia donde se sitúa el glaciar	Texto
8	COMUNA	Nombre de la comuna donde se sitúa el glaciar	Texto
9	DATUM	Sistema de referencia geodésico	Texto
10	HUSO	Zona UTM (Universal Transverse Mercator) en la que se sitúa el glaciar	Texto
11	NORTE_M	Coordenada Norte UTM (centroide del polígono)	m
12	ESTE_M	Coordenada Este UTM (centroide del polígono)	m
13	FUENTE_DIG	Fuente digitalización (imagen satelital, foto aérea, ortofoto LIDAR, etc.)	Texto
14	FUENTE_FEC HA	Fecha de la fuente utilizada para la digitalización	dd/mm/aaaa
15	INVENT_FEC HA	Año de digitalización del polígono glaciar	4 dígitos
16	NOM_CUEN	Nombre de la cuenca donde se sitúa el glaciar	Texto
17	COD_CUEN	Código BNA (Banco Nacional de Aguas) de la cuenca donde se sitúa el glaciar	Número
18	COD_SCUEN	Código BNA de la subcuenca donde se sitúa el glaciar	Número
19	COD_SSCUE N	Código BNA de la subsubcuenca donde se sitúa el glaciar	Número
20	MZONA_GLA CI	Macrozona glaciológica donde se sitúa el glaciar	Texto

Tabla 1
Atributos obligatorios del Inventario Público de Glaciares.

4.9.2 Tabla de atributos opcionales

Adicionalmente a los campos obligatorios, se incluyen los siguientes 21 campos secundarios o complementarios, que tienen carácter opcional.

	CAMPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
21	CH_CASQ	En el caso que el glaciar forme parte de un campo de hielo o casquete de hielo	Texto
22	CUBIERTO	En el caso que el glaciar sea un glaciar cubierto	Texto
23	LATITUD_°	Coordenada geográfica (centroide del polígono)	Grados S (sur) en notación decimal
24	LONGITUD_°	Coordenada geográfica (centroide del polígono)	Grados O (oeste) en notación decimal
25	PERÍMETRO_KM	Perímetro del polígono	km
26	ORIENTA	Orientación principal del glaciar	N, NE, E, SE, S, SO, O, NO
27	HMEDIA_M	Altitud media del glaciar	m s.n.m.
28	HMAX_M	Altitud máxima del glaciar	m s.n.m.
29	HMIN_M	Altitud mínima del glaciar	m s.n.m.
30	PENDIENTE_°	Pendiente media del glaciar	Grados sexagesimales en notación decimal
31	ESP_MED_M	Espesor medio del glaciar	m
32	F_ESP_MED	Fuente espesor medio (referencia a fórmula o estudio específico)	Texto
33	VOL_KM3	Volumen estimado del glaciar	km ³
34	EQ_AGUA_KM3	Equivalente en agua estimado del glaciar	km ³
35	WGI_1	Clasificación primaria del glaciar según normas UNESCO/WGI (tipo de glaciar)	Número
36	WGI_2	Clasificación secundaria del glaciar según normas UNESCO/WGI (forma del glaciar)	Número
37	WGI_3	Clasificación terciaria del glaciar según normas UNESCO/WGI (característica morfológica del frente)	Número
38	FRENTE_TER	Clasificación de la superficie proglacial (lago, fiordo o terrestre)	Texto
39	RESOL_IMG_M	Resolución espacial de la imagen satelital o de la fuente utilizada	m
40	ERROR_KM2	Estimación del error del área digitalizada	km ²
41	OBSERVA	Observaciones	Texto

Tabla 2
Atributos opcionales del Inventario Público de Glaciares.

4.10 Publicación

El Inventario Público de Glaciares y sus posteriores actualizaciones serán oficializados mediante resolución D.G.A. y posterior publicación en el Diario Oficial.

Adicionalmente, mediante Resolución D.G.A. se establecerá el formato de información relativa al Inventario Público de glaciares de la DGA. Esta resolución será publicada en el Diario Oficial, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 48 de la Ley N° 19.880, de 22 de mayo de 2003, que Establece

Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado.

Debe publicarse el conjunto de archivos que componen el Inventario Público de Glaciares, en el sitio web institucional oficial de la Dirección General de Aguas www.dga.cl, para su conocimiento público.

4.11 Periodicidad

El Inventario Público de Glaciares deberá ser actualizado cada 10 años.

4.12 Control de calidad

Cada nuevo inventario o actualización, en su fase preliminar, debe ser compartido con pares revisores para que puedan revisar y emitir observaciones al IPG. Las eventuales observaciones serán recepcionadas y evaluadas en su mérito por la DGA para ser consideradas en la versión final.

4.13 Periodicidad parcial del Inventario Público de Glaciares

Cada año, en el periodo entre versiones completamente actualizadas del IPG, se publicará una actualización parcial con las posibles modificaciones realizadas en un año calendario.

4.14 Modificación del Inventario Público de Glaciares

Cualquier persona natural o entidad que tenga antecedentes técnicos suficientes que permitan actualizar el inventario, podrán presentar una solicitud de actualización. La forma de presentar dicha actualización debiese ser como sigue:

Código Glaciar	Nombre	Región	Macrozona Glaciológica	Observación	Antecedentes anexos
---------------------------	---------------	---------------	-----------------------------------	--------------------	--------------------------------

Tabla 3

Forma de presentar solicitud de actualización.

Estas observaciones serán evaluadas por equipo especializado y serán o no consideradas en su mérito.

ARTÍCULO 5. CONDICIONES TÉCNICAS DEL INVENTARIO PÚBLICO DE COBERTURA NIVAL.

5.1 Esquema general

Las condiciones técnicas que deberá cumplir el Inventario Público de Cobertura Nival (IPCN) se describen a continuación.

5.2 Clasificación de la cobertura nival

La clasificación de cobertura nival se realizará utilizando el Índice Diferencial Normalizado de Nieve, NDSI según sus siglas en inglés (Normalized Difference Snow Index), basado en datos satelitales de 500 metros de resolución espacial. El NDSI se basa en la reflectancia entre el espectro visible, que tiene valores altos para la nieve respecto de otras superficies, y el espectro infrarrojo de onda corta, en el cual la nieve exhibe valores bajos. Un píxel con

NDSI menor o igual a cero representa una superficie desprovista de nieve, mientras que NDSI mayor a cero tiene al menos una fracción de cobertura nival presente. Basado en el número de píxeles de 500 m x 500 m con cobertura nival, la superficie nival se expresa en unidades absolutas de km². Los datos originales de la clasificación de cobertura nival, en formato raster (píxeles de información) se transformará en un formato vectorial, vale decir en un polígono, que normalmente incluirá zonas sin nieve en el interior del contorno del área analizada.

5.3 Análisis regional

Para todo Chile continental se deberá evaluar el NDSI y se calculará la superficie de cobertura nival durante el máximo invernal, que ocurre año a año en los meses de julio, agosto o septiembre a más tardar. Para este efecto se realizarán monitoreos mensuales durante esos tres meses, de modo de determinar la cobertura máxima.

Considerando que parte de la macrozona norte de Chile está afectada por el denominado invierno altiplánico, entre las regiones de Arica y Parinacota y en ocasiones hasta la región de Atacama e incluso más al sur, para las 4 regiones más septentrionales se evaluará el NDSI y se calculará la superficie de cobertura nival durante diciembre, enero, febrero y marzo de cada año, de modo de determinar la cobertura máxima. En esta zona norte se presentarán en el inventario dos máximos de cobertura nival, el correspondiente al invierno austral, y asimismo el del invierno altiplánico.

5.4 Distribución por cuenca

Se han clasificado oficialmente 101 cuencas en el territorio nacional, de acuerdo al Banco Nacional de Aguas (BNA). Sin embargo, no todas estas cuencas tienen cobertura nival, dependiendo por cierto del año en curso. Los resultados anuales del máximo de cobertura nival se presentarán para cada cuenca. En el caso que una cuenca no cuente con nieve se reportará cero cobertura nival.

5.5 Periodicidad

La evaluación máxima del área de nieve en el territorio se realizará en forma anual. En los meses de julio, agosto o septiembre y diciembre, enero, febrero y marzo, dependiendo de la región del territorio que se esté analizando.

5.6 Tabla de atributos

El Inventario Público de Cobertura Nival consta de una tabla de atributos que contiene 9 campos de información, indicados en Tabla 3.

	CAMPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	VECTOR	Vector (polígono) con cobertura nival máxima para cada cuenca	Texto
2	NOM_CUEN	Nombre de la cuenca	Texto
3	COD_CUEN	Código BNA (Banco Nacional de Aguas) de la cuenca	Número
4	MZONA_GLA CI	Macrozona glaciológica donde se sitúa la cuenca	Texto
5	ÁREA_KM2	Área de la cuenca con cobertura nival máxima en el año de estudio	km ²

	CAMPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
6	PROVINCIA	Nombre de la provincia/provincias donde se sitúa la cuenca	Texto
7	COMUNA	Nombre de la comuna/comunas donde se sitúa la cuenca	Texto
8	FUENTE_DIG	Nombre del sensor satelital utilizado	Texto
9	FUENTE_FEC HA	Fecha de la imagen satelital utilizada para la digitalización de la cobertura nival máxima	dd/mm/aaaa

Tabla 4
Atributos del Inventario Público de Cobertura Nival.