

# SOBRE LOS REQUERIMIENTOS PARA INGRESAR Y MANTENER LA MEMBRESÍA DE LA RED INTERMAGNET

Nota Técnica SMN 2021-113

**María Inés Gil<sup>1</sup>, Sabrina Juárez<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Área Geofísica. Dirección Central de Monitoreo del Clima. Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios.*

Diciembre 2021

### *Información sobre Copyright*

*Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.*

*La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.*

## Resumen

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a través de los observatorios magnéticos permanentes de Pilar en Córdoba y Orcadas en la Antártida, es miembro desde el año 2012 de INTERMAGNET (IM), la red global de observatorios geomagnéticos permanentes en tiempo real. IM es reconocida como un sistema clave de observación de la Tierra cuyo objetivo es mantener una organización con membresía mundial para que, los observatorios permanentes puedan suministrar datos consistentes, de calidad, que cubran todo el globo cumpliendo con la puntualidad de entrega para lograr satisfacer las necesidades cambiantes de la investigación.

Para formar parte de esta red, se deben cumplir una serie de requisitos año a año, tanto en calidad, formato, cantidad y tipo de información exigida. Se requiere pasar por una serie de etapas para la aprobación de los datos y su posterior publicación en el portal web. Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer los requerimientos que el SMN debe cumplir para alcanzar con los estándares de calidad de datos proporcionados a la red y mantenerse como miembro de la misma.

## Abstract

Since 2012, the National Meteorological Service (SMN) through the permanent magnetic observatories of Pilar (PIL), Córdoba, and Orcadas (ORC) in Argentine Antarctica, has been a member of INTERMAGNET (IM), the global permanent geomagnetic observatories network in real time. IM is recognized as an essential system for observations of the Earth, whose goal is to maintain a global membership organization so that permanent observatories can provide consistent data, with geographic coverage, quality and timely delivery to meet changing research needs.

To be part of this network, year after year, a series of requirements must be met, both in quality, format, quantity and type of information required. The approval of the data goes through a series of stages prior to its definitive publication. The objective of this work is to show the requirements that SMN must satisfy in order to reach the data quality standards provided by the network and maintain the IM membership active.

**Palabras clave:** INTERMAGNET, Investigación científica, calidad, tiempo real

## Citar como:

Gil, M.I., Juárez S.H., 2021: Sobre los requerimientos para ingresar y mantener la membresía de la red INTERMAGNET. Nota Técnica SMN 2021-113.

## 1. INTRODUCCIÓN

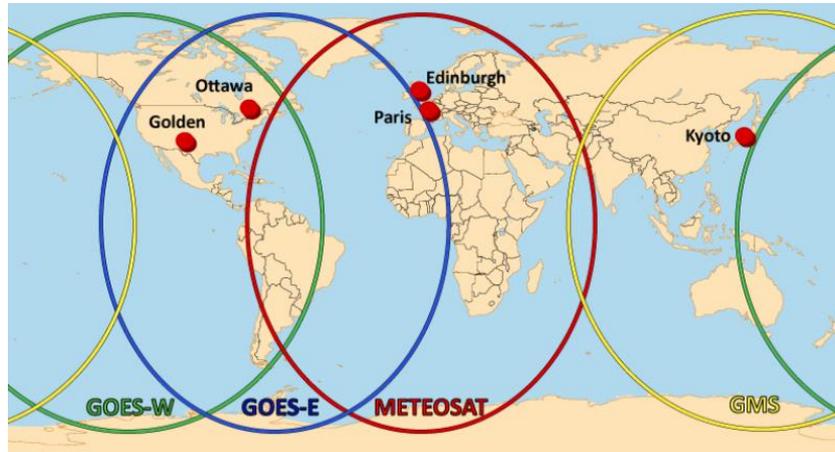
INTERMAGNET establece estándares para la medición del campo magnético Terrestre (CMT), para el procesamiento de datos, formatos de archivos y transmisión de los mismos para la pertenencia y permanencia de los Observatorios Magnéticos del mundo en la red (Fig. 1). Asimismo, proporciona asistencia técnica a los operadores de observatorios geomagnéticos a fin de lograr dichos estándares. La transmisión de los datos desde los observatorios o institutos operativos se realiza hacia los Nodos de Información Geomagnética (GIN) (Fig. 2). El envío de datos puede realizarse a través de comunicaciones satelitales, redes informáticas o por otros medios, utilizando formatos estándar de IM, en tiempo real y dentro de las 72 horas posteriores a la obtención del mismo. Los datos geomagnéticos recopilados se ponen a disposición de todos los miembros de la red y de la comunidad científica, siguiendo medios y formatos aprobados por el Consejo Ejecutivo de IM.

El SMN forma parte de la red desde el año 2012 a través de los observatorios Magnéticos Pilar (PIL) y Orcadas (ORC), transmitiendo los datos vía internet al GIN de París desde su aceptación en la red. Puntualmente, con el observatorio ORC en la Antártida Argentina se ha logrado uno de los objetivos de IM, que es el establecimiento y mantenimiento de observatorios en áreas remotas donde se requiere apoyo de la red y se espera que cada país / institución participante asuma los costos de participación en la misma.



**Fig. 1:** Observatorios Magnéticos del Mundo pertenecientes a la RED INTERMAGNET.

Los observatorios brindan datos que permiten el estudio de la evolución espacial y temporal del CMT en superficie. En particular, los ubicados en el hemisferio sur, son de gran importancia para realizar el seguimiento y control de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS). La AMAS presenta una disminución en intensidad del campo magnético desde, al menos el 1900, momento en que se comienza a contar con modelos del CMT en superficie que muestran esta anomalía.



**Fig. 2:** Los Nodos de Información Geomagnética (GIN) de la red INTERMAGNET y los principales satélites utilizados para la transmisión de los datos.

Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer los requerimientos que el SMN debe cumplir para alcanzar con los estándares de calidad de datos proporcionados a la red y mantenerse como miembro de la misma. No corresponde a la finalidad de este trabajo detallar el control paso a paso de cada procedimiento técnico y específico para cada etapa del trabajo de obtención de los datos definitivos. Cabe aclarar que los procedimientos correspondientes están disponibles en el Área de Geofísica (Gil y Juárez, 2021).

## 2. DATOS Y ÁREA DE ESTUDIO

En la Figura 3 se presenta la ubicación de los observatorios magnéticos del SMN: PIL (-31°40'03"S,-63°52'53"O) y ORC (-60°44'15"S, -44°44'14"O). En ambos se registran datos minutales para cada componente del CMT. Los datos de cada minuto resultan del promedio de doce valores cada cinco segundos que procesa el equipo digital. Es decir, por día se reciben de manera continua 17.280 datos para cada componente.



**Fig. 3:** Ubicación Observatorios Magnéticos SMN.

Ambos observatorios cuentan con el sistema INDIGO (INtermagnet DIgital Geomagnetic Observatories) donado por la British Geological Survey (BGS), el cual proporciona un hardware y un software de medición. El hardware consiste en un magnetómetro triaxial fluxgate, para registrar las variaciones en las componentes horizontal (H), vertical (Z), y la declinación (D), un magnetómetro de precesión protónica (PPM) que registra la intensidad total del campo (F), un Digitalizador, un receptor GPS para proporcionar un tiempo exacto, un registrador de memoria USB, y una fuente de alimentación DC y un teodolito magnetométrico que permite determinar valores absolutos de D e I (inclinación) por medio de observaciones manuales realizadas por personal capacitado. El software, INDIGO WATCH captura los datos del magnetómetro digitalizado, registra en el disco y realiza el análisis de datos básicos.

### 3. METODOLOGÍA

Un observatorio magnético de INTERMAGNET (IMO) debe proveer valores de campo magnético por minuto obtenidos a partir de un magnetómetro vectorial y de un magnetómetro escalar, con una resolución de 0,1 nT. Las mediciones vectoriales deben incluir la mejor línea de base posible. Sobre este punto se volverá más adelante.

La metodología, requisitos y formatos de los distintos archivos definitivos obtenidos durante el procesamiento de los datos se basa principalmente en el manual técnico de IM (St-Louis, 2012) y la guía de observatorios magnéticos de la IAGA (Jankowsky y Sucksdorff, 1996), así como también se obtiene información de los manuales de softwares provistos por la BGS y las guías de procedimientos del Área Geofísica (DCMC).

**Tabla I:** Requisitos mínimos para definirse como IMO.

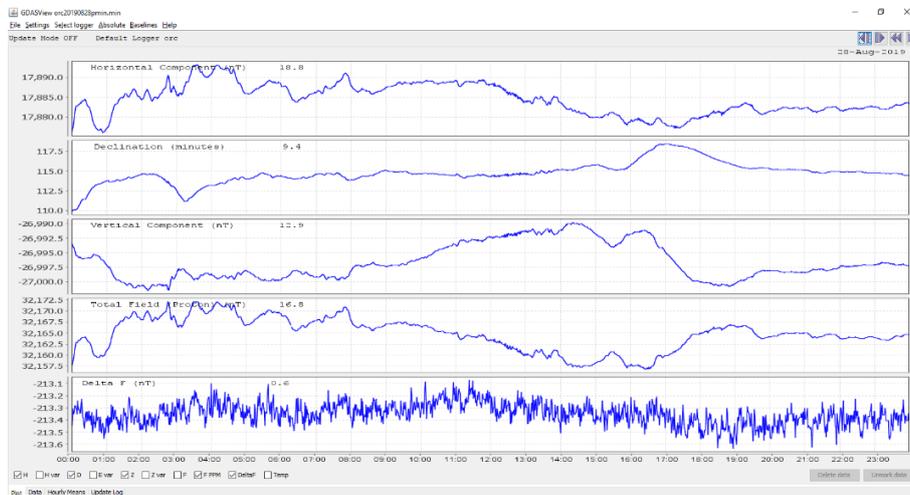
Requisitos del Magnetómetro Vectorial	
Resolución	0,1 nT
Rango Dinámico	8000 nT Regiones Auroral y Ecuatorial 6000 nT Latitudes Medias
Band Pass	DC a 0,1 Hz
Frecuencia de muestreo	1 Hz (1 seg)
Estabilidad Térmica	0,25 nT/°C
Estabilidad a largo plazo	5 nT/year
Requisitos del Magnetómetro Escalar	
Resolución	0,1 nT
Frecuencia de muestreo	0,033 Hz (30 seg)
Precisión	1 nT
Requisitos de Datos Definitivos	
Precisión	+/- 5 nT
Fecha de presentación	1 de julio del año siguiente (6 meses)

Los archivos definitivos requeridos por IM para cualquier observatorio perteneciente a la red, son:

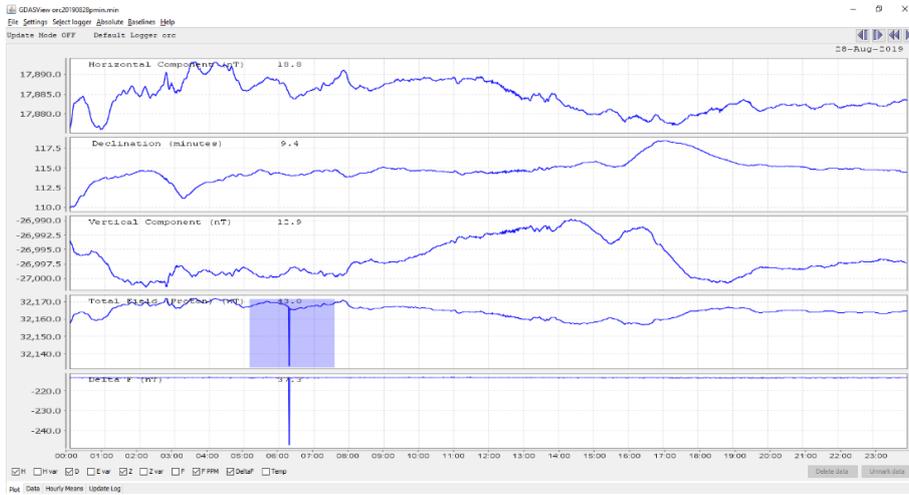
- 12 Archivos de datos cada 1-minuto con formato IAFV2.10 de INTERMAGNET, como se describe en el Apéndice C-1 del Manual Técnico de IM (St-Louis,2012). El nombre de estos archivos tiene la forma "obsyymmm.bin", ej: pil14jan.bin, pil14feb.bin, etc.

- 1 Archivo de Línea de Base con formato IBFV2.00 de INTERMAGNET, como se describe en el Apéndice E-4 del Manual Técnico de IM (St-Louis,2012). El nombre de este archivo es de la forma “obsyyyy.blv”, ej: pil2014.blv.
- 1 Archivo de promedios anuales (year mean) con formato de INTERMAGNET IYFV1.02, como se describe en el Apéndice C-3 del Manual Técnico de IM (St-Louis,2012). El nombre de este archivo no menciona el año en cuestión y todos los años es de la forma “yearmean.obs”, ej: yearmean.pil.
- 1 Archivo de información relevante del observatorio. El nombre de este archivo no menciona el año en cuestión y todos los años es de la forma “readme.obs”, ej: readme.pil.
- 2 Archivos de información referida a los observatorios e instituciones involucradas del país. El nombre de estos archivos no menciona el año en cuestión y todos los años son de la forma “readme.arg” y “argsrn.png”.
- 1 Archivo de verificación de formatos e información publicada. El nombre de este archivo es de la forma “check1min OBSaaaa”, ej: check1min PIL2020.

Para obtener estos archivos, es preciso trabajar a lo largo del año con el procesamiento de los datos y registros de 5 segundos en el GDAS View (Riddick, 2016; Turbitt y Shanahan, 2009). Los archivos diarios de 5 segundos contienen 17.280 datos por cada componente, mientras que los archivos de 1 minuto contienen 1.440 datos por componente. Esto implica importar los datos de manera continua (Fig. 4), generando archivos de un minuto en el formato IAGA 2002, chequeando cada archivo para corroborar que no haya spikes o datos erróneos en la serie (Fig.5). Los spikes pueden ser generados por algún error propio de la electrónica del equipo o bien por actividad antrópica.



**Fig. 4:** Vista en Gdas View de archivo diario de 5 seg importado. Este gráfico diario muestra en orden descendente las variaciones de H, D, Z, la intensidad total F y el Delta F que es la diferencia entre el F vectorial calculado a partir de los valores del triaxial y el F escalar medido por el PPM ( $\Delta F = F_{\text{Vector}} - F_{\text{Scalar}}$ ).



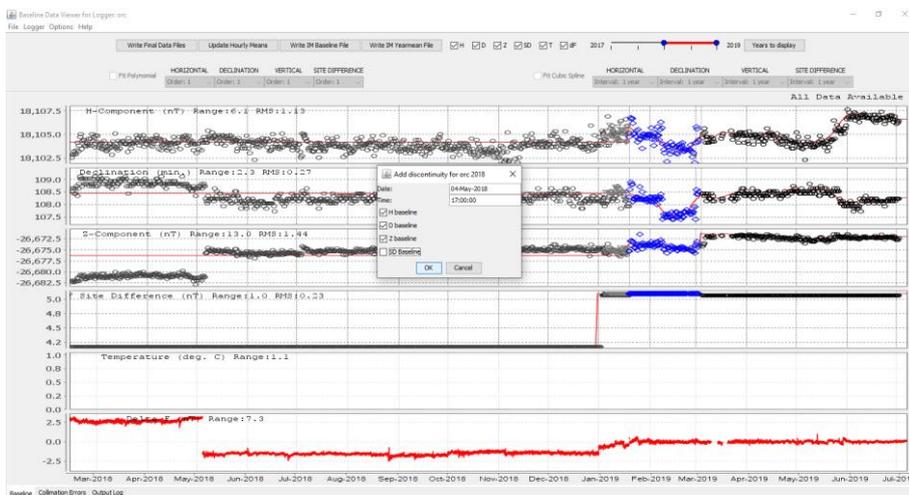
**Fig. 5:** Ejemplo de spike. Este archivo debe ser editado para mantener un registro continuo y controlar que el  $\Delta F$  correspondiente se mantenga aproximadamente constante.

Al mismo tiempo que el registro diario es corroborado, a medida que se importan los datos de 5 segundos, y editado en caso de ser necesario, es preciso trabajar y chequear que las observaciones absolutas diarias estén dentro de los parámetros estipulados (Turbitt, 2004). Caso contrario, las observaciones deben repetirse. Esto es preciso para poder trabajar con la línea de base y lograr el  $\Delta F$  ( $F_{calculado} - F_{medido}$ ) aceptado por IM, el cual no debe superar los +/- 5 nT (Fig. 6). Esto significa un trabajo de procesamiento y análisis del registro exhaustivo (Fig. 7) (Turbitt, 2004), que entre otras cosas implica la configuración de discontinuidades necesarias en función de ausencias o saltos en los registros dados por ejemplo por problemas eléctricos en el observatorio, o de la selección de la función polinómica o cúbica que mejor se ajuste al registro anual.

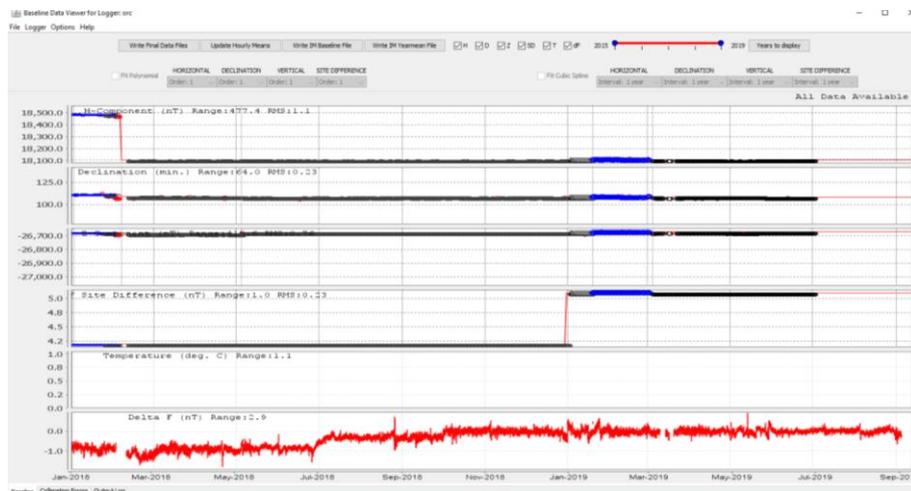
La fórmula general de un valor de línea de base es (ver Capítulo 6 de St-Louis, 2012)

$$WB(k) = WO(i:j) - [WS(k) * WM(i:j)],$$

Dónde: (i:j) es el intervalo de tiempo de la medición; (k) es el tiempo medio del intervalo (i:j); WB es el valor de línea de base calculado; WO el valor absoluto observado en (i:j); WS es el valor de escala de la componente W; WM es el valor medio del registro de 1 minuto de la componente durante (i:j).



**Fig. 6:** Ejemplo  $\Delta F$  en 7.3 nT.



**Fig. 7:** Ejemplo  $\Delta F$  en 2.9 nT.

Una vez lograda y obtenida la línea de base y que todas las componentes estén dentro de los parámetros exigidos, sigue generar los archivos solicitados y mencionados más arriba, que contienen los siguientes datos: promedios horarios, datos de 1 minuto finales -se genera un archivo por mes-, promedios anuales, texto informativo (uno a nivel país y otro a nivel observatorio).

Otro paso de verificación requerido por la red IM, es mediante la utilización del software IMCDViewer (Intermagnet CD/DVD Viewer) para la verificación de todos los archivos finales tanto en formato gráfico como en texto. Si los formatos de los archivos de IM fueron generados correctamente, este programa permite visualizarlos, así como compararlos con los datos de otros observatorios, con el fin de chequear de manera más minuciosa si los datos se encuentran dentro del rango de error aceptado por la red. Si se debieran modificar uno o varios archivos es preciso volver sobre los pasos realizados anteriormente, desde la verificación diaria para encontrar el error u omisión y generar todos los archivos nuevamente.

Corroborados los controles previos, la última revisión se realiza con el software Check1min. Este software permite saber si todos los archivos requeridos cumplen con el formato indicado, si son consistentes entre sí, etc.

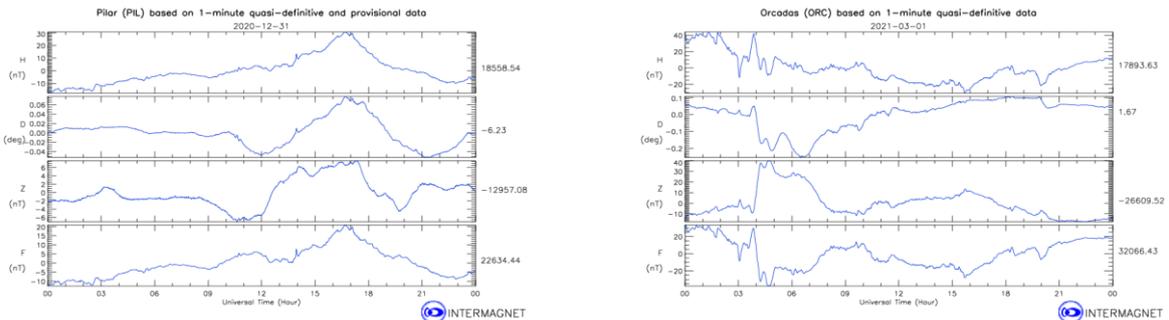
Realizadas todas las verificaciones, los archivos requeridos deben ser subidos a la red por medio de un FTP al GIN de París. Esto debe ser antes de julio del año posterior a los registros analizados, es decir hay un período máximo de seis meses para realizar el control, edición y verificación del trabajo anual de un observatorio antes de enviarlo a la red para su análisis y aceptación. Tanto sea que los datos son aceptados o enviados nuevamente a revisión el SMN recibe la notificación precisa.

## 4. RESULTADOS

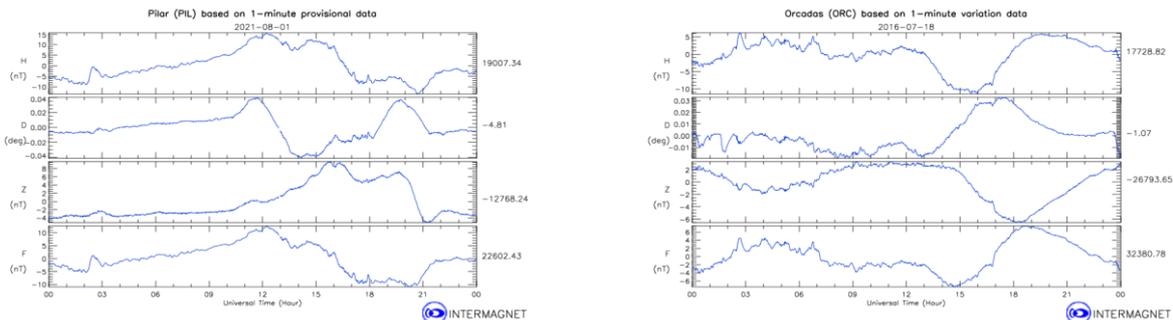
Los resultados son obtenidos a medida que se avanza en los pasos de verificación mencionados anteriormente. Los datos aceptados por IM en calidad de definitivos serán publicados en la página internacional de acceso público.

El link para acceder a los datos publicados en la red, desde provisionales hasta definitivos, es el siguiente: <https://intermagnet.org/data-donnee/download-eng.php#view>

Cabe aclarar que los datos quasi-definitivos (Fig. 8) son enviados periódicamente a la red, al ser quasi, se entiende que son preliminares y no definitivos debido a que su línea de base no cuenta con el ajuste anual definitivo, pero deben estar disponibles en tiempo real. Asimismo los datos provisionales (Fig. 9) que no cuentan con una línea de base real, a diferencia de los anteriores, se envían a diario y se puede acceder a ellos en menos de 72 horas. Los datos en calidad de definitivos (Fig. 10) aceptados por IM también se encuentran disponibles de manera pública.



**Fig. 8:** Datos quasi definitivos disponibles en la red. PIL a la izquierda y ORC a la derecha.

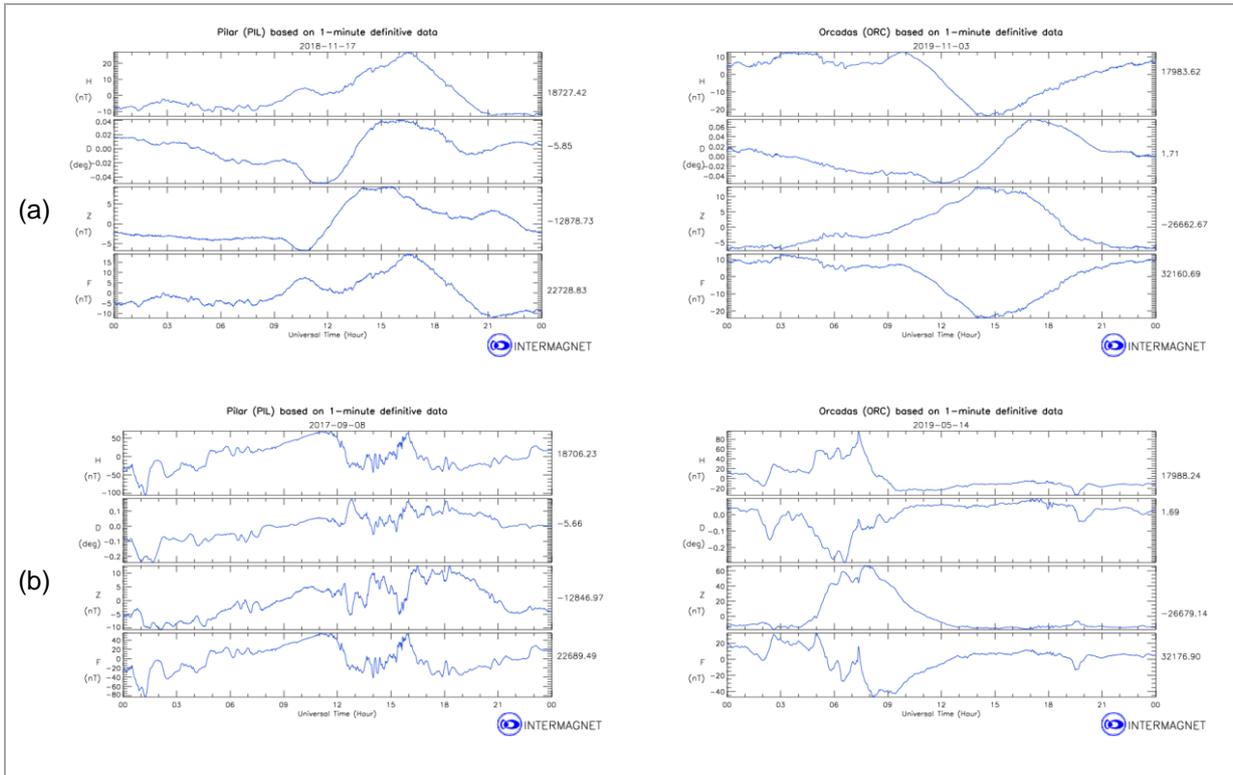


**Fig. 9:** Datos provisionales disponibles en la red. PIL a la izquierda y ORC a la derecha.

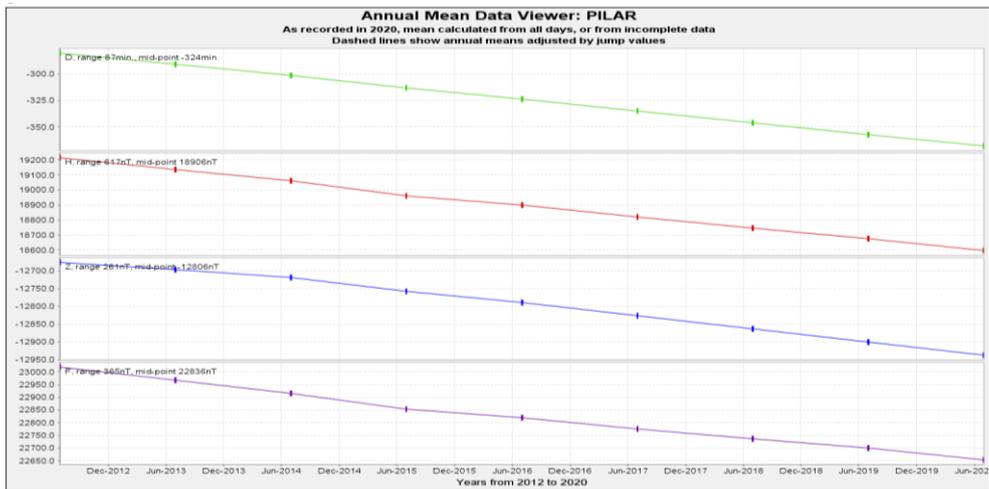
Como se mencionó anteriormente la información es compartida en tiempo real y está disponible para su consulta. Los datos son fundamentales para la elaboración de los modelos colaborativos de campo de referencia geomagnética internacional (IGRF) respaldado por la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA). El IGRF se actualiza cada cinco años y actualmente describe el campo desde 1900 hasta 2025. Actualmente, el IGRF es un modelo de esféricos armónicos de grado 13, con grado máximo de armónico 8 para la componente de Variación Secular (SV).

El modelado del IGRF muestra principalmente las variaciones espacio temporales del campo magnético terrestre en superficie. Es por eso que también a partir de los datos definitivos es preciso conocer las variaciones medias anuales de cada una de las componentes registradas en un observatorio.

Las Figuras 11 y 12 muestran los valores medios anuales de las componentes del CMT desde que el Sistema INDIGO fue instalado en nuestros observatorios.



**Fig. 10:** Datos definitivos disponibles en la red para un (a) un día quieto y (b) un día de tormenta geomagnética. PIL a la izquierda y ORC a la derecha.



**Fig. 11:** Valores medios anuales de D, H, Z y F para Pilar.

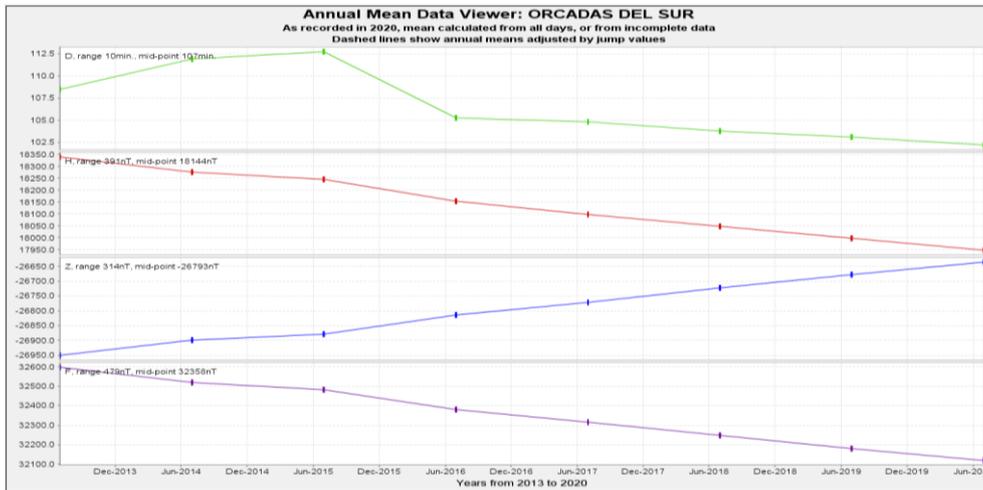


Fig. 12: Valores medios anuales de D, H, Z y F para Orcadas.

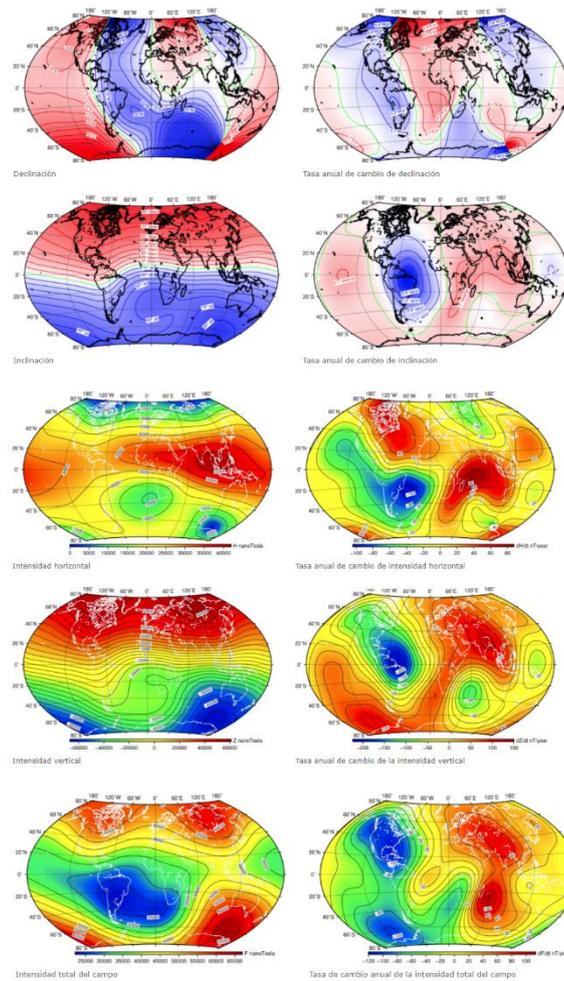


Fig. 13: Componente del CMT. International Geomagnetic Reference Field (IGRF-13) para 2020.  
<https://geomag.bgs.ac.uk/research/modelling/IGRF.html>

Además de describir mapas de las componentes del campo (Fig.13), los modelos como el IGRF también proporcionan información sobre la ubicación de los polos magnéticos y una base para los sistemas de coordenadas geomagnéticas.

## 5. CONCLUSIONES

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a través de los observatorios magnéticos permanentes de Pilar y Orcadas integra desde el 2012 la red INTERMAGNET (IM). La membresía implica cumplir con estándares que permiten asegurar la fiabilidad y calidad de los datos.

En este trabajo se documentaron los pasos requeridos para la obtención de los datos definitivos y su correcto envío a la red. No se ha profundizado, por una cuestión de extensión, en todos y cada uno de los pasos de cada instructivo elaborado desde el área de geofísica, así como en los manuales técnicos proporcionados por IM. Es importante mencionar la capacitación requerida por el personal del área tanto para el trabajo y verificación de los registros, como también la importantísima presencia de observadores magnéticos que puedan además de realizar las observaciones absolutas, identificar alteraciones, spikes, anomalías en el registro diario y conocer cómo proceder a su edición antes de enviarlos al nodo internacional de información geomagnética, así como la previsión y control de situaciones que puedan alterar el registro.

De esta manera podremos asegurar la fiabilidad y calidad de los datos, respetar los tiempos condicionantes para mantener la membresía del SMN y la calidad de los observatorios magnéticos PIL y ORC a nivel mundial en la red INTERMAGNET, para contribuir científicamente a nivel mundial.

## 6. REFERENCIAS

Gil, M. I. y Juárez, S. H., 2021: Procedimientos para el tratamiento de los datos definitivos. Reporte interno. Área Geofísica. Dirección Central de Monitoreo del Clima. Servicio Meteorológico Nacional.

Jankowsky, J y Sucksdorf, C., 1996: Guide for magnetic measurements and observatory practice. IAGA. ISBN: 0-9650686-2-5. <http://www.iaga-aiga.org/index.php?id=guides>

Riddick, J., 2016: GDASView Practical Guide, Version 1.01. Seismology & geomagnetism programme. Internal report XX/00/00. British Geological Survey. <http://www.geomag.bgs.ac.uk/indigo/>

St-Louis, B., 2012: INTERMAGNET technical reference manual, Versión 4.6. <https://www.intermagnet.org/publication-software/technicalsoft-eng.php>

Turbitt, C. and Shanahan, T., 2009: GDASView Users' Guide. Seismology & geomagnetism programme. Internal report XX/00/00. British Geological Survey. <http://www.geomag.bgs.ac.uk/indigo/>

Turbitt, C., 2004: Guide to Making Absolute Magnetic Observations. Seismology and Geomagnetism. Internal Report Draft. British Geological Survey. <http://www.geomag.bgs.ac.uk/indigo/>

Turbitt, C., 2004: Procedure for Determining Instantaneous GDAS Variometer Baselines from Absolute Observations. Seismology and Geomagnetism. Internal Report Draft. British Geological Survey. <http://www.geomag.bgs.ac.uk/indigo/>