

# Consideraciones sobre la calidad del dato Magnético

Nota Técnica SMN 2023-142

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

<sup>1</sup> *Area Geofísica, Dirección Central de Monitoreo del Clima (DCMC), Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios (DNCIPS)*

Junio 2023

### *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 de que la fuente sea adecuadamente citada.*

## Resumen

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) cuenta con los Observatorios Magnéticos Permanentes (OMP) Orcadas del Sur (ORC) en la Antártida, Pilar (PIL) en Córdoba y la Estación Magnética Cipolletti (CIP) en Río Negro. En ORC y PIL se registran de manera digital y continua la intensidad total (F) del Campo Magnético Terrestre (CMT) y las variaciones de cada una de sus componentes, Horizontal (H), vertical (Z) y Declinación (D). Asimismo, se realizan de manera manual las observaciones absolutas para determinar la Inclinación (I) y D. Por su parte, en CIP se registran, también de manera digital y continua, la Intensidad total. En todos los casos se busca mantener estándares de calidad en los datos con el objetivo de continuar contribuyendo internacionalmente al modelado del campo magnético terrestre. La calidad del dato magnético se ve influenciada por una serie de aspectos que van desde el lugar de emplazamiento de un observatorio hasta el tratamiento de los datos obtenidos pasando por las condiciones edilicias y de infraestructura que hacen a las condiciones magnéticas del lugar. El objetivo de este trabajo es dar a conocer todas las consideraciones necesarias para garantizar la calidad del dato magnético en los Observatorios y estación Magnética del SMN.

## Abstract

The National Meteorological Service (SMN) has the Permanent Magnetic Observatories (OMP) South Orkney (ORC) in Antarctica, Pilar (PIL) in Córdoba and the Cipolletti Magnetic Station (CIP) in Río Negro. In ORC and PIL, the total intensity (F) of the Terrestrial Magnetic Field (CMT) and the variations of each of its components, Horizontal (H), vertical (Z) and Declination (D) are recorded digitally and continuously. Likewise, the absolute observations are made manually to determine the Inclination (I) and D. In CIP, F and its variations are also digitally and continuously recorded. In all cases, the aim is to maintain data quality standards with the aim of continuing to contribute internationally to the modeling of the Earth's magnetic field. The quality of the magnetic data is influenced by a series of aspects that go from the location of an observatory to the treatment of the data obtained, passing through the building and infrastructure conditions that make up the magnetic conditions of the place. The objective of this work is to present all the necessary considerations to guarantee the quality of the magnetic data in the magnetic observatories and station of the SMN.

**Palabras clave:** Observatorio Magnético Permanente, Calidad del dato, Condiciones Magnéticas.

## Citar como:

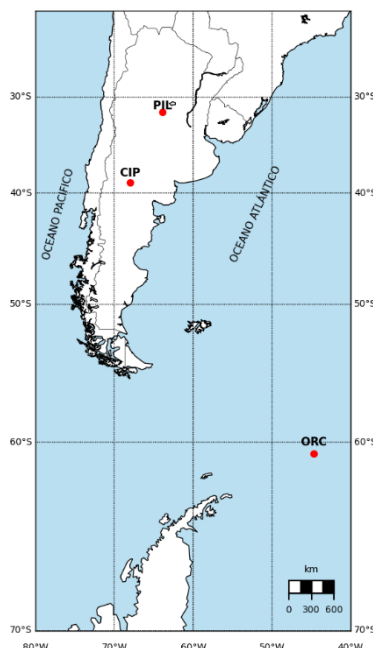
Juarez, S.H, Gil, M.I., 2023: Consideraciones sobre la calidad del dato magnético. Nota Técnica SMN 2023-142.

## 1. INTRODUCCION

Desde hace más de un siglo, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) desarrolla mediciones del Campo Magnético Terrestre (CMT). El área Geofísica de este organismo, perteneciente al ámbito de la Dirección Central de Monitoreo del Clima (DCMC) bajo la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios (DNCIPS), tiene la competencia de la labor técnica y científica de los Observatorios Magnéticos Orcadas del Sur (ORC) en la Antártida, Pilar (PIL) en Córdoba y la Estación Magnética Cipolletti (CIP) en Río Negro (Fig.1).

El objetivo de los observatorios magnéticos es registrar de manera continua y por un largo periodo de tiempo, las variaciones temporales del vector campo magnético y mantener la precisión en los estándares de las mediciones absolutas. Para ello las variaciones deben presentar una precisión del 1%, o menor, cumpliendo con los requerimientos exigidos por INTERMAGNET (IM), la red global de observatorios geomagnéticos permanentes en tiempo real (Gil y Juárez, 2021).

La importancia de mantener estándares para obtener datos definitivos de excelente calidad en cada observatorio y estación radica en poder construir modelos de campo magnético de muy alta precisión a nivel global y local. Estos modelos representan un fenómeno dinámico del CMT que no solo varía en el espacio, sino que también lo hace en el tiempo. Por lo tanto, la precisión de los modelos depende del momento en el cual se tomó el dato en el que basan su construcción.



**Fig.1:** Ubicación de los observatorios y estación magnética.

El monitoreo de calidad de los datos en tiempo casi real está regido por varias cuestiones que abarcan desde la capacitación del personal, las condiciones del entorno de un observatorio, la infraestructura en que se ubican los instrumentos registradores, el desempeño y protocolos a seguir al realizar las observaciones absolutas, la forma de carga de los datos obtenidos en la observación absoluta, la obtención de la línea de base y control de los sistemas digitales correspondientes, control, edición y entrega en tiempo y forma de los datos y registros anuales a INTERMAGNET.

El objetivo de este trabajo es, describiendo la forma de obtención y tipos de datos, indicar las condiciones del entorno y de la infraestructura necesaria en los Observatorios y estaciones magnéticas para garantizar la obtención de datos de calidad, que hacen que los registros sean considerados de importancia y utilidad a nivel internacional. Así mismo se presentan, a modo de ejemplo, algunas situaciones que han ocurrido en los observatorios y que perturbaron los registros.

## 2. OBTENCION Y TIPOS DE DATOS

### 2.1 REGISTROS MAGNÉTICOS DEL SMN

PIL y ORC cuentan con el sistema INDIGO (INtermagnet Digital Geomagnetic Observatories) donado por la British Geological Survey (BGS) en 2010 y 2011, respectivamente; conectado a corriente eléctrica y a una UPS por seguridad de corte del suministro. Este sistema digital proporciona un hardware y un software de medición. El hardware consiste en un magnetómetro triaxial fluxgate (variómetro) para registrar las variaciones temporales 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. Además, cuenta con 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, lo que permite el seguimiento y control del buen funcionamiento de todo el sistema digital. Luego, el software GDAS View permite procesar los datos y ajustarlos para cumplir con los mejores estándares de calidad requeridos.

La estación de CIP cuenta con un PPM que registra F de manera continua conectado a una batería intercambiable cada 15-20 días. Estos datos son procesados en una planilla de cálculo y comparados con los de otros observatorios para verificar que las variaciones presentes se deban a perturbaciones naturales y no por actividad antrópica.

En nuestros observatorios, se realizan:

- 3 observaciones diarias los 365 días del año: 1095 observaciones por año.
- Obtención de archivos de 5 segundos de manera diaria: 17.280 datos diarios por componente.
- Obtención de archivos de datos de 1 minuto de manera diaria: 1440 datos diarios para cada componente.

En tanto, en la estación se obtienen:

- 1 archivo diario con datos cada 5 minutos: 288 datos diarios de una componente.

Las componentes observadas en cada observatorio deben cumplir ciertos parámetros que son monitoreados en el GDASView. Estos deben presentar una precisión de +/- 5 nT en las tres componentes ortogonales del variómetro H, D, Z. Cabe aclarar que 5 nT equivalen a 1' de arco en D, por lo que la precisión de D debe ser +/- 1'.

Para alcanzar esa precisión en los datos, existen ciertos controles y visualizaciones que pueden realizarse con el ÍNDIGO WATCH, previamente al procesamiento con GDAS, como el monitoreo de la temperatura de los sensores, el funcionamiento del GPS, el estatus de recepción del dato, entre otros.

## 2.2 OBSERVACIONES ABSOLUTAS y LÍNEA DE BASE

Para que se pueda tener control concreto y real de un observatorio magnético, es necesario obtener valores absolutos del campo mediante la operación de instrumentos manuales. Idealmente, la frecuencia de medición debe ser diaria a semanal, dependiendo de las características del variómetro, la estabilidad de los pilares y otro tipo de consideraciones según las instalaciones y logística.

IM recomienda la utilización de un PPM y un magnetómetro de compuerta de flujo de D/I montado en un teodolito para la obtención de los valores absolutos, F en el primer caso y D e I en el segundo.

La realización de las observaciones absolutas permite la obtención de D e I, mediante la manipulación de ese teodolito magnetométrico. Estas mediciones del meridiano magnético del lugar permiten determinar las líneas de base de las componentes H, D y Z, a las cuales se referirán los datos del registro de las variaciones obtenidas con el variómetro del sistema Índigo.

Muchos factores influyen en la obtención de una línea de base de buena calidad de un observatorio magnético (Juárez y Gil, 2023). Una buena línea de base adoptada muestra baja dispersión de los elementos individuales determinados en ella, y presenta pocas desviaciones o compensaciones.

El factor principal que permite obtener una línea de base de buena calidad es realizar una observación absoluta de buena calidad. Para ello es fundamental que el observador cumpla con ciertos cuidados respecto a los elementos que lleva consigo.

Asimismo, el Consejo Ejecutivo y Comité de Operaciones de IM recomienda:

- Realizar observaciones absolutas semanalmente como mínimo, evitando los períodos de perturbación magnética.
- Revisar regularmente que no exista ningún material ferromagnético contaminante en las cercanías o interior de las instalaciones.
- Pilares estables y libres de material ferromagnético.
- Construir un pilar externo en una zona no perturbada y medir la diferencia de sitio con el pilar principal al menos una vez al año para reconocer cambios ambientales.
- Contar con un libro diario de novedades.
- Operar dos variómetros simultáneamente.
- Mantener las condiciones del recinto y electrónicas a una temperatura constante.
- Registrar y monitorear la temperatura del instrumental.
- Mantener actualizados los procedimientos de mediciones absolutas.
- Intercambiar información entre observadores de distintas instituciones y asistir a los Workshops de la International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA).
- Realizar intercomparaciones entre instrumentos absolutos por los observadores.
- Capacitar observadores y actualizar sus conocimientos.
- Proveer la información necesaria para que los observadores comprendan la importancia de su tarea.

Cabe destacar la importancia de considerar realizarla o no, en presencia del CMT perturbado por actividad solar y/o tormentas geomagnéticas.

### 3. TRATAMIENTO DEL DATO MAGNÉTICO

Como miembros de la red INTERMAGNET, los observatorios deben presentar los datos definitivos y para esto, es preciso cumplir ciertos requerimientos que en buena medida responden a la forma de obtención del dato, esto quiere decir que, si los puntos mencionados en este informe son adecuados, los datos no requerirán mayores intervenciones al momento de ser presentados para su evaluación y aceptación.

Los requisitos mínimos que permiten ser miembro y permanecer como tal dentro de la red INTERMAGNET (St-Louis 2012) se presentan en la siguiente tabla:

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 Límite de Presentación	1 de Julio del año siguiente (6 meses)

A diario se generan los archivos provisionales, con un mínimo de procesamiento, donde se eliminan o corrigen datos espurios o perturbaciones reconocidas por la actividad antrópica cercana al instrumental (reparaciones, fallas del sistema eléctrico, tractor de césped, etc.), y cuyas variaciones se ajustan a una línea de base de referencia.

Luego, durante el transcurso del año se van generando archivos quasi-definitivos, en los cuales las variaciones se ajustan a la línea de base que se va creando a medida que se realizan las observaciones absolutas, pero sin mayores ajustes.

Al finalizar el año, ya con una línea de base completa y con el mejor ajuste, se obtienen los archivos de datos definitivos.

Por lo tanto, los datos definitivos de un observatorio son aquellos que han sido corregidos por las variaciones de la mejor línea de base obtenida, a partir de las observaciones absolutas, y los registros diarios editados, ya sea por eliminación de picos de datos erróneos o, en los casos en que sea posible, por completar los intervalos que no cuentan con datos.

Los archivos de datos por observatorios a generar y entregar anualmente son:

- 1 archivo de línea de base.
- 12 archivos binarios (1 archivo por mes) mensuales con sus correspondientes valores absolutos por minuto.
- 1 archivo de valores medios anuales.



- 1 archivo de información del observatorio.
- 2 archivos de información de los observatorios nacionales.
- Archivo de verificación de formatos y consistencia de información presentada

## 4. CONDICIONES DEL ENTORNO E INFRAESTRUCTURA

Un observatorio geomagnético debe ser magnéticamente representativo de la región en la que se encuentra instalado y debe operar por un largo periodo de tiempo con el fin de registrar la variación secular del lugar (Jankowsky y Sucksdorf, 1996). Asimismo, debe ser lo suficientemente estable como para registrar las variaciones de menores periodos de tiempo, como la variación diurna. Es por ello que las propiedades magnéticas del sitio en sí y los alrededores del observatorio deben mantenerse constantes, sin cambios significativos que pudieran modificar el registro magnético diario.

Idealmente, sería óptimo contar con el mapa magnético original del terreno donde se ha instalado el observatorio o estación geomagnética o realizarlo en el caso de no contar con el original. Así como actualizarlo cada 5-10 años o en momentos en los que se reconocen cambios en los alrededores.

Al momento de ejecutar el relevamiento magnético, éste debe ser realizado sobre una grilla (Fig. 2) con puntos equidistantes cada 10 metros (como mínimo) y debe mostrar una variación entre puntos adyacentes de unos pocos nT. En cuanto al sitio de las observaciones absolutas, el gradiente horizontal y vertical debe ser menor a 1 nT/m alrededor del pilar de medición.



**Fig. 2:** Ejemplo de grilla. El tamaño superficial y de equidistancia de esta grilla es el correspondiente para determinar la posición en que debe instalarse un instrumento.

Entonces, teniendo en cuenta que en los observatorios y estaciones magnéticas se miden ininterrumpidamente parámetros geomagnéticos con instrumentos muy sensibles, que muestran la evolución y el comportamiento del CMT, es preciso que las instalaciones de registro se ubiquen lejos de cualquier perturbación antrópica.

La tabla a continuación muestra algunos ejemplos de la distancia a la que se deben encontrar ciertos objetos que, con la orientación adecuada, pueden provocar una perturbación de 1 nT en el registro del observatorio (Jankowsky y Sucksdorf, 1996).

OBJETO	DISTANCIA (m)
Alfiler de gancho, hebilla de cinturón, reloj, lapicera metálica.	1
Cuchillo, Destornillador.	2
Revolver	3
Martillo	4
Pala	5
Bicicleta, Rifle.	7
Moto	20
Auto	40
Colectivo	80

Por experiencia de los observadores y pruebas que se han realizado, en los observatorios, un celular a tres metros del variómetro ya causa perturbaciones, en tanto con el teodolito a menos de un metro.

Las condiciones mínimas y fundamentales relacionadas a las condiciones en infraestructura y funcionamiento en los observatorios y estación, que deben cumplirse en un observatorio magnético, para evitar perturbaciones dadas por la actividad del hombre son las siguientes:

- Lejanía de las casillas de registro con respecto a cualquier otra edificación o perímetro que se encuentre en el terreno.
- Estabilidad de una temperatura relativamente constante e igual en el interior de todas las casillas de registro.
- Estabilidad del sistema eléctrico que provee el suministro al instrumental. Así como contar con un sistema de emergencia a baterías, si el suministro se viera interrumpido, por mal funcionamiento o al cortarlo ante la presencia de tormentas eléctricas.
- Minimización en el periodo de tiempo en que se realicen tareas de mantenimiento edilicio o del terreno circundante de las casillas, así como cualquier otro tipo de actividad necesaria en el sitio.
- Verificación de contenido magnético en objetos introducidos en las casillas o materiales utilizados para la reparación o mantenimiento de estas.
- Cumplir al pie de la letra cada protocolo de uso del instrumental, como al ingresar a la casilla de variómetros sin elementos magnéticos o seguir el procedimiento de las observaciones absolutas tal

cual se detalla.

Llevar un registro diario de las distintas situaciones y/o cambios que se realicen dentro del observatorio en general y en las casillas geomagnéticas en particular. Si lo anterior no se cumpliera, cualquier actividad será captada y registrada por los instrumentos, generando una anomalía que puede ser confundida con una variación natural del CMT y que no permitirá conocer los valores reales del CMT en ese lapso de tiempo.

## 5. CONDICIONES DE LOS OBSERVATORIOS Y ESTACIÓN DEL SMN

En esta sección se mencionan y/o evidencian mediante ejemplos distintas situaciones de perturbación de los registros magnéticos obtenidos en los observatorios del SMN, según las condiciones enumeradas anteriormente.

Las Figuras 3 (a, b y c) muestran la disposición de las casillas y la distancia con respecto a otras edificaciones que pudieran encontrarse en el mismo predio, como el edificio principal donde generalmente se encuentra la oficina de procesamiento de los datos y el mayor movimiento de personal. El observatorio ORC (Fig. 3a) se ubica a unos 110 metros aproximadamente de las instalaciones principales y presenta un área de demarcación que actúa como límite de cruce y transporte. El observatorio PIL (Fig. 3b) se ubica a aproximadamente 185 metros del edificio principal y a 50 metros como mínimo del límite del observatorio. En CIP (Fig. 3c) la distancia a las edificaciones más cercanas es de 35 metros y 80 metros al cerco perimetral que limita con la calle.



**Fig. 3:** Ubicación del observatorio ORC.



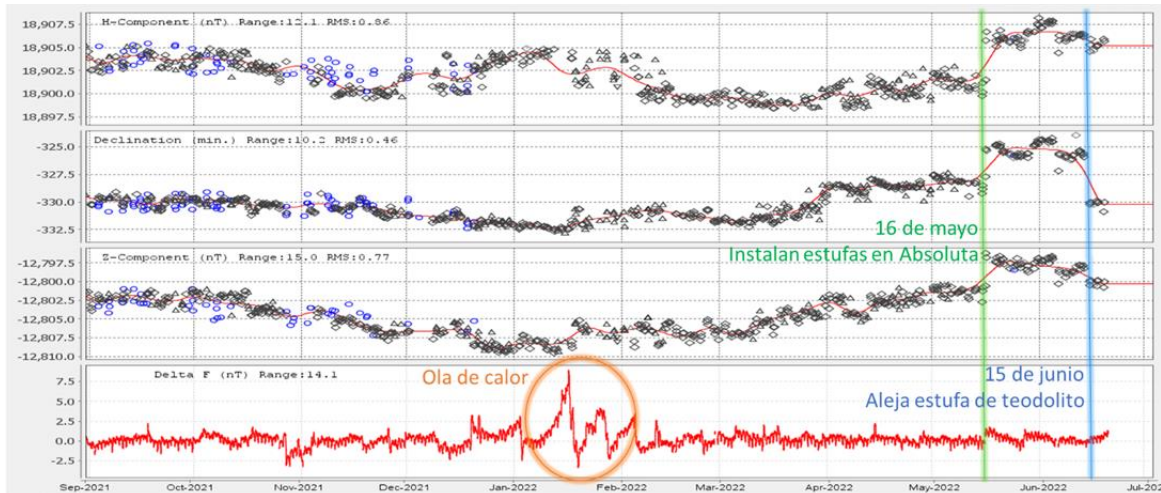
*Fig. 3b: Ubicación del observatorio PIL.*



*Fig. 3c: Ubicación de la estación CIP.*

El correcto registro de las componentes del CMT también se ven influenciadas por las temperaturas. Si bien los equipos de registro no se encuentran a la intemperie, es requisito fundamental que las temperaturas en ambas casas (índigo y absolutas) se encuentren a una temperatura constante (recomendada entre los 18° y 23°C) y que, al mismo tiempo, ésta no difiera mucho entre una casa y la otra. Idealmente la temperatura debe ser constante las veinticuatro horas del día, todos los días del año. Otra temperatura para considerar y que también debe ser constante es la dada por el sensor de la caja fluxgate del equipo Índigo.

Este es un aspecto crítico en nuestros observatorios. En ORC, debido a su ubicación geográfica y condiciones meteorológicas resulta muy difícil poder mantener las óptimas temperaturas de manera continua sobre todo en época invernal, a pesar del funcionamiento en bloque de estufas controladas por termostatos digitales. En PIL ocurre lo mismo (Fig. 4), pero, en el periodo estival, debido a las altas temperaturas y esto se evidencia en el interior de las casas del observatorio.

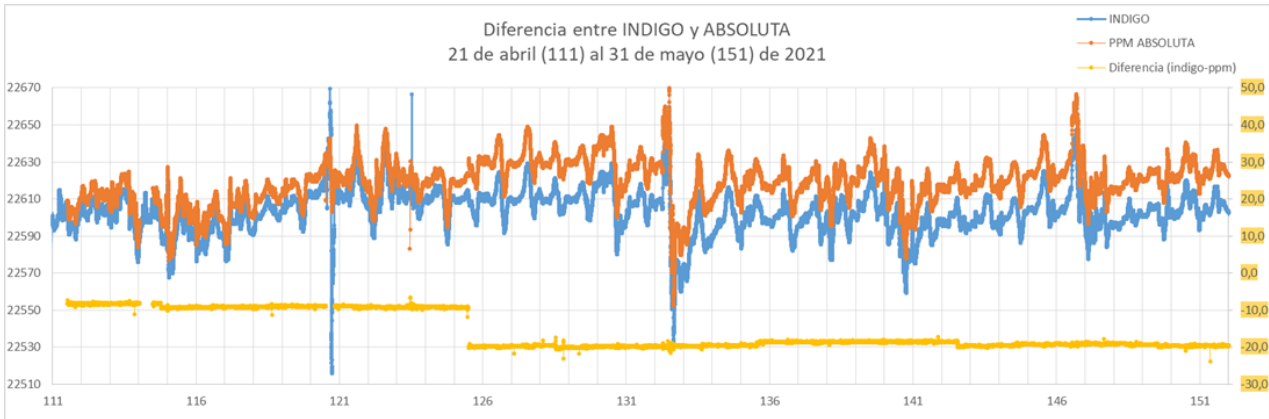


**Fig.4:** Influencia de la temperatura ambiente en los registros magnéticos.

La Fig. 1 muestra las líneas de base de PIL. La curva roja (Delta F) muestra la diferencia entre el valor de F medido por el PPM vs el valor de F calculado a partir de las componentes del variómetro referidas a las líneas de base. Un buen registro del CMT resultaría en un Delta F que ronda el valor nulo. En enero se ve que las altas temperaturas provocan variaciones en el registro, lo cual no permite que el Delta F presente valores cercanos al 0. En tanto en mayo-junio, la necesidad de aumentar la temperatura de la casilla de absolutas, hizo que el agregado de una estufa en su interior provoque variaciones en todas las líneas de base.

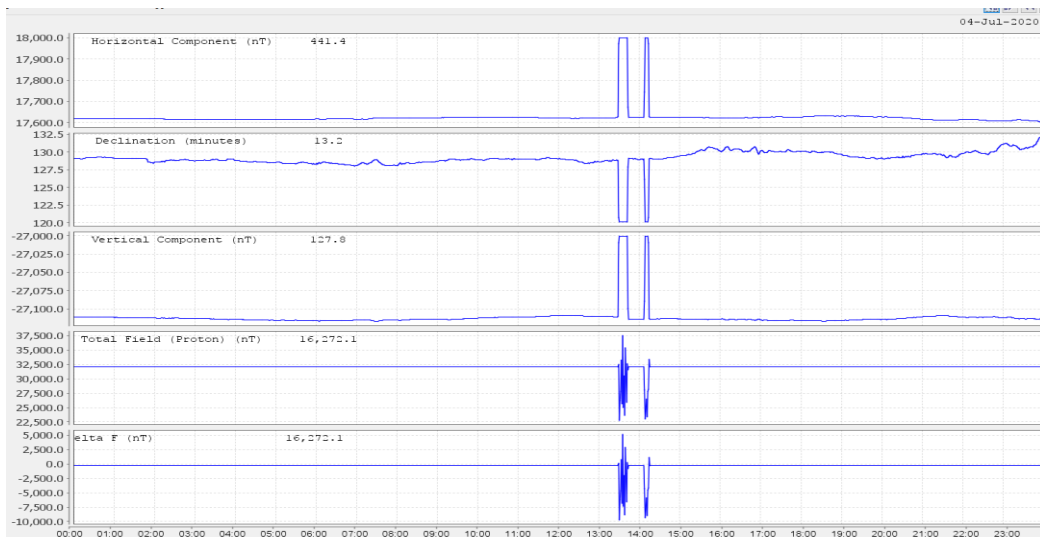
En tanto en CIP, la parte electrónica del instrumento debe mantenerse ventilada, tanto en verano como en invierno, para que la temperatura ambiente no interfiera en los componentes electrónicos de la misma. No es necesario mantener este instrumental a una temperatura constante, como es el caso de los anteriores, pero sí se deben evitar el sobre enfriamiento/calentamiento para que la electrónica y batería se mantengan con un buen funcionamiento y no se acorte la vida útil de las baterías, ni el registro muestre datos erróneos o cortes de registro por el mal funcionamiento de estas.

El control de todas estas perturbaciones mencionadas anteriormente debe realizarse contando con el registro continuo de un PPM y comparando habitualmente este con el obtenido por el PPM principal del observatorio (Fig. 5). Esto permitiría contar con un valor de diferencia de sitio a diario. Pero no exceptúa la realización anual del control de diferencia de sitio como requerimiento de la red, sino que adhiere mayor calidad final a los datos registrados.



**Fig.5:** Comparación de PPMs entre Índigo y Absolutas. La curva amarilla representa la diferencia entre ambos valores, evidenciando el cambio en las condiciones magnéticas del observatorio y por lo tanto en el valor de diferencia de sitio que debe utilizarse para el cálculo de los datos definitivos referidos a las líneas de base finales.

Es importante mencionar también que los equipos son conectados a la red eléctrica (220 V) disponible, si la red eléctrica presenta alternancias de tensión, es muy probable que esto perturbe el registro, por lo que es importante contar con una red estable y segura, de lo contrario, se hará visible en el registro diario del observatorio (Fig. 6) y los datos deberán ser eliminados, perdiendo una gran cantidad de información.



**Fig.6:** Registro diario del observatorio ORC presentando saltos por problemas eléctricos.

La minimización de los tiempos en que se realizan las tareas de mantenimiento, cambios de generador, circulación con vehículos y/o elementos que alteren el CM es fundamental al momento de entrega de datos,

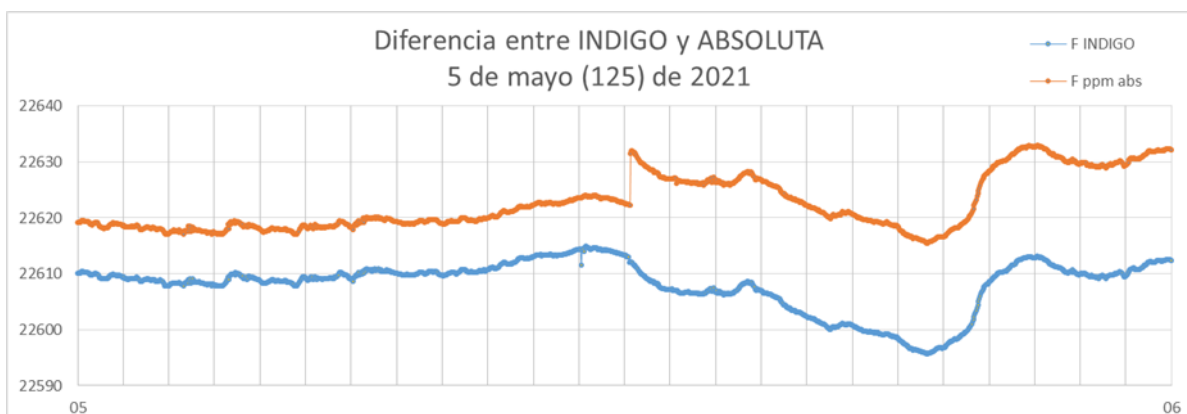
cuanto menor sea el tiempo de perturbación, menor será la pérdida de datos y mayor será la cantidad disponibles de éstos para presentar a la red IM cumpliendo con sus estándares de información.

En PIL, un ejemplo claro de perturbación antrópica son las tareas de mantenimiento del observatorio, puntualmente el paso del tractor que corta el césped en el observatorio, interrumpiendo el registro magnético normal, en ocasiones por un tiempo de hasta 2 horas. Aunque es una actividad inevitable, el registro perturbado debido a esta situación no puede recuperarse, por lo que es muy importante intentar minimizar el tiempo de perturbación de este. Así como es imprescindible dar a conocer el horario en que esta actividad estuvo sucediendo. De esta forma, se puede distinguir si la perturbación registrada es debida a algo generado por el hombre o naturalmente por el CMT o agentes naturales externos.

En ORC, un ejemplo de perturbación está dado por la salida de botes con motor por la bahía Uruguay que, si bien no es habitual, es inevitable que suceda entre dos o cuatro veces al año (verano). Otra causa es por el paso de vehículos motorizados en cercanías al perímetro de restricción de circulación en inmediaciones del observatorio.

En el caso de CIP, las maquinas utilizadas para el mantenimiento del predio también perturban los datos del registro magnético absoluto de la estación.

Asimismo, se debe considerar y prever que la infraestructura de los edificios que conforman el observatorio sean totalmente amagnéticos, al igual que cualquier elemento que deba ser alojado en su interior (sillas, matafuegos, estufas, clavos, tornillos, etc.). Fácilmente, se puede verificar esta condición. Si el registro muestra una variación abrupta al acercar uno de estos objetos al instrumental, entonces el objeto posee algún elemento magnético (Fig. 4 y 7). Lo óptimo sería no utilizar este objeto cerca del instrumento de registro. Si esto fuera inevitable, se debe alejar el mismo hasta que el registro muestre valores normales.



**Fig. 7:** Comparación de PPMs instalados en Índigo y Absolutas. El día 5 de mayo se suma una estufa a la casilla de absolutas provocando un salto en el registro del PPM que se encontraba al lado del teodolito en Absolutas. Esta estufa también perturbó los valores obtenidos con el teodolito en el periodo en que estuvo funcionando en esta casilla.

Toda reparación o mantenimiento que se haga debe tener esta condición como premisa, como así también debe quedar totalmente asentado el momento (horario) en que se realizan este tipo de trabajos, que sin duda serán registrados por los instrumentos.

En el caso que no pudiera evitarse el uso de herramientas magnéticas, se debe tener la precaución de que ningún elemento metálico haya quedado tirado en los alrededores de las casillas de medición.

El observador debe cumplir con ciertos criterios preventivos antes de realizar la observación, por ejemplo, no debe tener consigo y/o en su vestimenta ningún elemento magnético (aros, hebillas, cinturón, reloj, celular, etc.) y se requiere seguir instrucciones y protocolos de manipulación del teodolito, ajustar los tiempos de manipulación a no más de un minuto por movimiento según el procedimiento paso a paso.

Además, se requiere seguir instrucciones y cumplir con los protocolos en la manipulación del teodolito, como primera instancia del procedimiento y antes de cada observación es preciso verificar la correcta nivelación del instrumento para poder trabajar con el azimut de la marca fija del observatorio, a partir de la cual se comienza a realizar el procedimiento de la observación. Hecho esto, se comienza a realizar la toma de los ángulos del círculo horizontal que resultarán en el ángulo de D del meridiano magnético. Teniendo en cuenta el meridiano magnético local, se comienzan a tomar los valores de I. Es decir, si el instrumento no está bien nivelado, el error será arrastrado a los siguientes pasos de la observación y no podrá ser considerado válido.

A su vez, se deben ajustar los tiempos de manipulación a no más de un minuto por movimiento según el procedimiento paso a paso.

El registro diario de todo lo que acontece en los observatorios y estaciones geomagnéticos es de suma importancia para poder determinar el motivo de una perturbación en caso de que se visualice en los registros diarios. O bien poder determinar la influencia de un acontecimiento o cambio en las componentes del CMT.

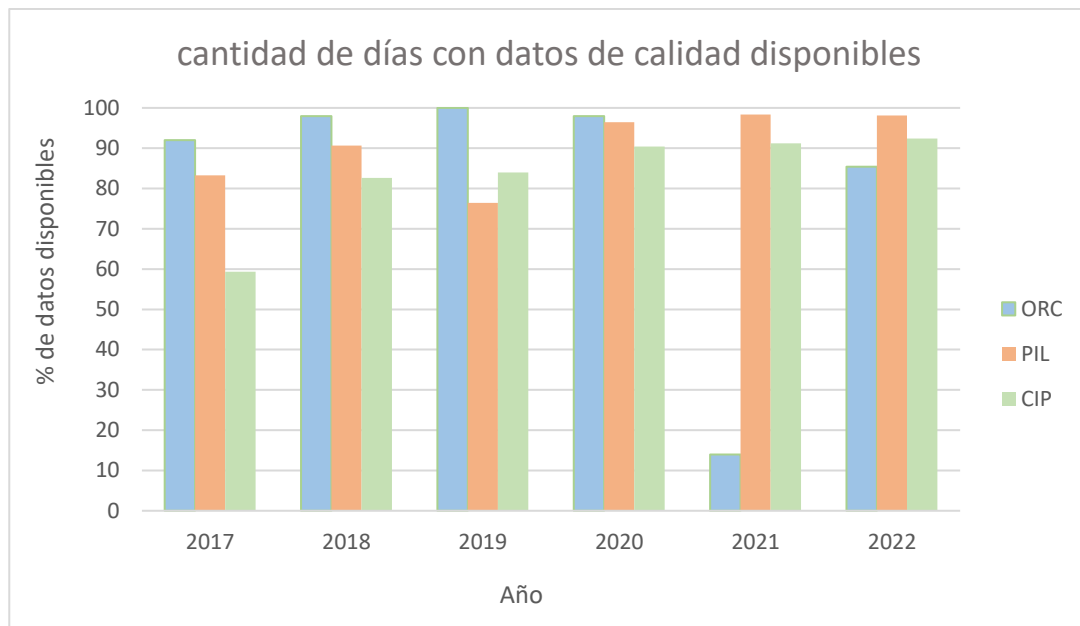
## 6. MEDICIONES DE LOS OBSERVATORIOS Y ESTACIÓN DEL SMN

A continuación, se presentan mediante números relativos (Fig. 8) la cantidad de días del año con datos de buena calidad obtenidos durante los últimos años (2017-2022) en cada sitio de registro magnético del SMN. En el mismo puede observarse que en Orcadas para el año 2019 todos los datos (100%) fueron de calidad, mientras que en 2018 y 2020 se logró un 98% de calidad en los datos. Lo mismo se logró el Pilar en los últimos dos años. Para este mismo periodo se visualizan mejoras en los datos de Cipolletti superando el 90% de calidad en sus datos.

En general la falta de calidad de los datos se debe a tareas de mantenimiento en las instalaciones o a errores que se generan en los circuitos eléctricos y/o electrónicos, que hacen que los registros presenten discontinuidades o saltos. Por otro lado, cabe destacar, como ejemplo de otras cuestiones a tener en cuenta, que en 2021 en ORC no se contó con observador en gran parte del año, como consecuencia tampoco se contó con datos en ese periodo. No solo las condiciones magnéticas del sitio y el funcionamiento del



instrumental hacen a la calidad del dato, sino que también contar con personal capacitado y disponible para controlar esa calidad.



**Fig. 8.** Cantidad de datos (%) de buena calidad obtenidos durante los últimos años (2017-2022).

## 7. CONCLUSIONES

Para que cada observatorio y estación magnética cumpla con el objetivo de registrar de manera continua las variaciones temporales del Campo Magnético Terrestre y obtener datos de buena calidad, se deben tener en cuenta y cumplir con algunas cuestiones fundamentales como son las condiciones del entorno, el estado de la infraestructura, tipos de materiales empleados en las instalaciones, así como también las condiciones y mantenimiento del observatorio con el paso del tiempo y localización geográfica.

Es imprescindible la idoneidad del personal para la verificación diaria del funcionamiento en los observatorios y estación magnética, así como el tratamiento de los datos para asegurar la precisión y exigencias de INTERMAGNET para poder continuar colaborado a nivel internacional en la construcción modelos de campo magnético terrestre.

## 8. REFERENCIAS

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.

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

Juárez, S. y M.I. Gil, 2023: Protocolo de Control de las Condiciones Magnéticas de un Observatorio Magnético Permanente mediante el cálculo del valor de Diferencia de Sitio. Nota Técnica SMN 2023-137.

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

## Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía ([rdelia@smn.gov.ar](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martin Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto:mrugna@smn.gov.ar)) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo ([macevedo@smn.gov.ar](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).