Radio Observatorio de
JICAMARCA
Radio Observatory

RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

EVALUACION DE LA RESOLUCION Y NIVEL DE RUIDO DE LOS VARIOMETROS QUE VIENEN OPERANDO EN EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO

DOMINGO ROSALES
ERICK VIDAL
SILVANO ORIHUELA
GEOMAGNETISMO

Setiembre 2011

RESUMEN

Los magnetómetros fluxgate y eschenhagen del Observatorio de Huancayo vienen registrando datos de un segundo y cinco segundos. Como parte del proceso de validación de estos datos, es necesario determinar la resolución y ruido que contienen los nuevos datos. El método consiste en el análisis de la diferencia entre cada intervalo de dato registrado (primera diferencia) de un magnetómetro determinado. La raíz cuadrada media "Root Mean Square (RMS)" de la diferencia es calculada en intervalos de cortas duraciones sobre el transcurso de un día. Los resultados muestran que cada magnetómetro testeado tiene diferentes niveles de ruido y se mantienen dentro de los estándares establecidos por INTERMAGNET para el reporte de datos de un minuto.

ÍNDICE

RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA **1**

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ **1**

EVALUACION DE LA RESOLUCION Y NIVEL DE RUIDO DE LOS VARIOMETROS QUE VIENEN OPERANDO EN EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO **1**

DOMINGO ROSALES **1**

ERICK VIDAL **1**

SILVANO ORIHUELA **1**

GEOMAGNETISMO **1**

Setiembre 2011 ..... **1**

resumen **2**

Índice **3**

EVALUACION DE la RESOLUCION y nivel de ruido DE LOS VARIOMETROS QUE VIENEN OPERANDO EN EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO **4**

1 INTRODUCCIÓN **4**

2 MAGNETOMETROS DEL OBSERVATORIO GEOMAGNETICO DE HUANCAYO **4**

3 FORMULACION MATEMATICA **4**

4 Análisis DE RUIDO **5**

4.1 variómetro INTERMAGNET 5
4.2 variómetro RFP-523 7
4.3 variómetro ESCHENHAGEN-CCD 8

5 RESULTADOS **10**

6 CONCLUSIONES **11**

7 RECOMENDACIONES **11**

BIBLIOGRAFíA 12

EVALUACION DE LA RESOLUCION Y NIVEL DE RUIDO DE LOS VARIOMETROS QUE VIENEN OPERANDO EN EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO

1 INTRODUCCIÓN

Una parte fundamental en el proceso de adquisición de datos es la validación de los datos. Como parte del proceso de validación es necesario determinar la resolución, precisión y ruido de los datos registrados.

Un primer método para determinar estos parámetros consiste en el análisis de la diferencia entre cada intervalo de datos (primeras diferencias) de un magnetómetro dado. La raíz cuadrada media “Root Mean Square (RMS)” de la diferencia es calculada en intervalos de cortas duraciones sobre el transcurso de un día. Este método es muy útil para observatorios y estaciones magnéticas donde solo opera un único magnetómetro fluxgate.

Un segundo método consiste en la comparación dato a dato entre dos magnetómetros que operan en paralelo en el mismo lugar y que tengan las mismas características (es decir deben tener igual sistema de adquisición de datos). Aquí al igual que el primer método es calculada la RMS de las diferencias sobre intervalos de cortas duraciones y en el transcurso de un día.

2 MAGNETOMETROS DEL OBSERVATORIO GEOMAGNETICO DE HUANCAYO

Para el registro continuo de las variaciones del campo geomagnético, el Observatorio de Huancayo viene operando dos variómetros del tipo fluxgate y un variómetro fotográfico eschenhagen con registrador CCD. Las especificaciones técnicas de estos variómetros son presentados en la tabla 1.

3-component variometer	**INTERMAGNET Main variometer fluxgate**	**RFP-523 Backup variometer fluxgate**	**ESCHENHAGEN-CCD Backup variometer photographic**
Model:	GRL-HUA	RFP-523	DTM CIW No. 2
Type:	Ring core fluxgate	Linear core fluxgate	Magnet suspended
Sensor mount:	Rigid	Gimbals	Rigid
Orientation:	NW,NE, Z	NW, NE, Z and F	NW, NE, Z
Acquisition interval:	5 s (0.2 Hz)	1 s (1 Hz)	1 s (1 Hz)
Resolution:	0.1 nT	0.01 nT	1 step
Accuracy:	0.1 nT	0.01 nT	1 step (0.03 – 0.2 nT)
Dynamic range:	±50,000 nT	±65,000 nT	2088 steps CCD
Control time Clock:	Internet USNO, < 1 sec/month	< 1 msec (GPS)	Internet USNO, < 1 sec/month

Tabla 1 Especificaciones técnicas variómetros.

3 FORMULACION MATEMATICA

Los variómetros que operan en el observatorio de Huancayo tienen diferentes características en cuanto a intervalo de adquisición de datos, resolución y precisión (ver tabla 1) por lo que no es posible la aplicación del segundo método descrito en la primera parte. Haremos uso del primer método para cada uno de los variómetros.

Como primer paso se selecciona los días que corresponden a días quietos, se revisan los datos de cada componente con la finalidad de eliminar picos, offsets o perturbaciones artificiales. Se extrae la primera diferencia (δH) o la diferencia entre cada dato sucesivo de cada componente sobre un día completo, para datos con intervalo de adquisición de 1 segundo se tiene:

$$\delta H(t_i) = H(t_i) - H(t_{i+1}) \quad , \text{ para } i = 1 \text{ a } 86399 \text{ (datos a 1Hz)} \qquad (1)$$

Se calcula la media y la varianza de δH sobre los dos minutos sucesivos de intervalo (120 puntos) a través de todo el día, para determinar la raíz cuadra media RMS(δH) como función del tiempo de un día.

4 ANALISIS DE RUIDO

Examinaremos las tres componentes de cada variómetro, elegimos los datos registrados del día 12 de Mayo 2011 que corresponde a un día tranquilo, se revisan los datos con el fin de eliminar picos o perturbaciones artificiales, se extrae la diferencia entre cada dato sucesivo (ecuación 1) y luego se determina la RMS para cada componente.

4.1 variómetro INTERMAGNET

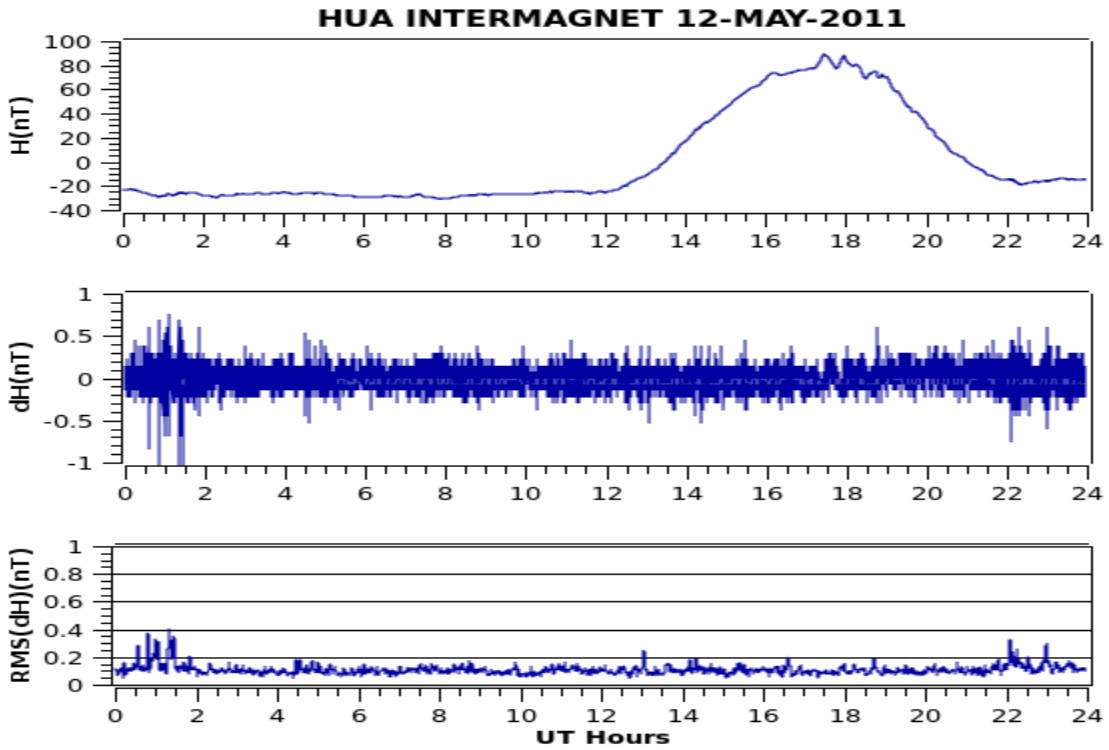


Figura 1 Componente H, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

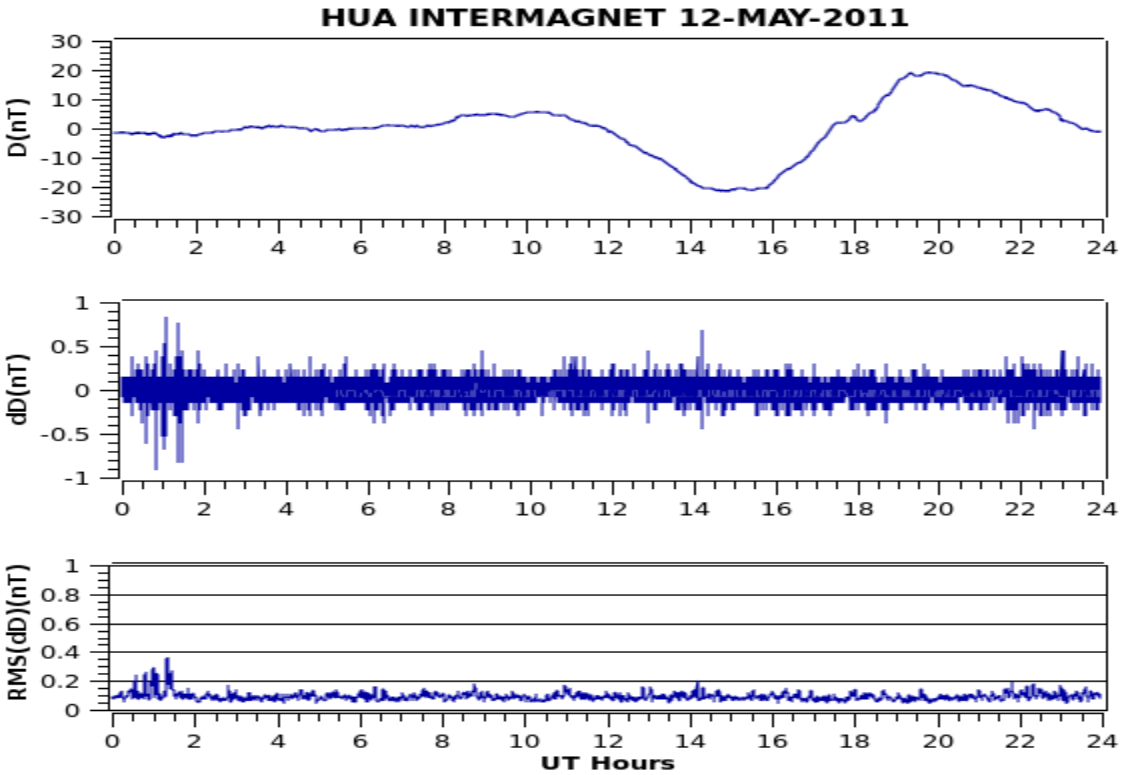


Figura 2 Componente D, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

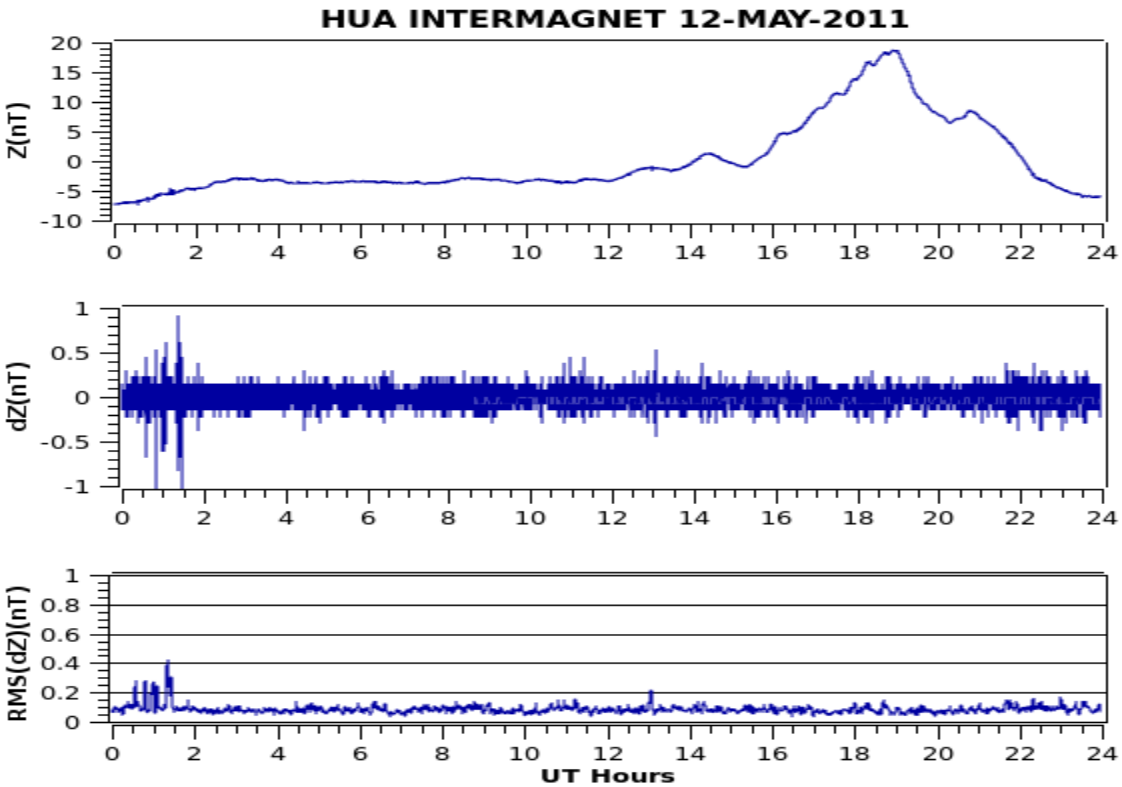


Figura 3 Componente Z, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

4.2 variómetro RFP-523

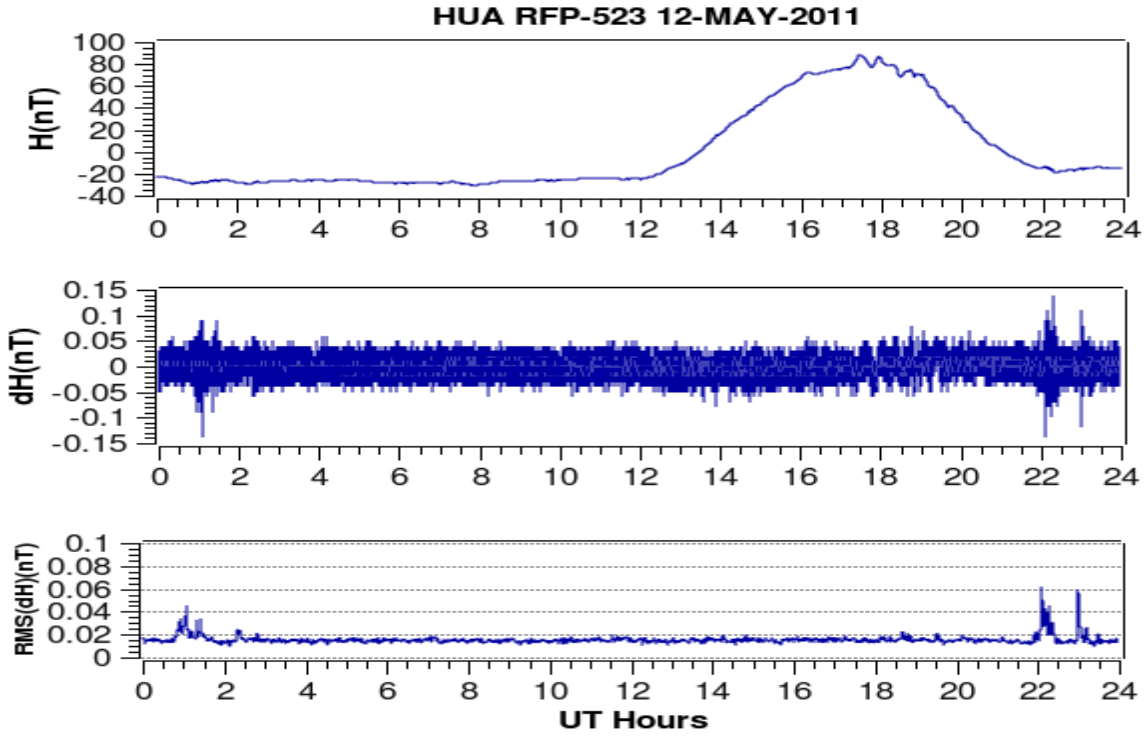


Figura 4 Componente H, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

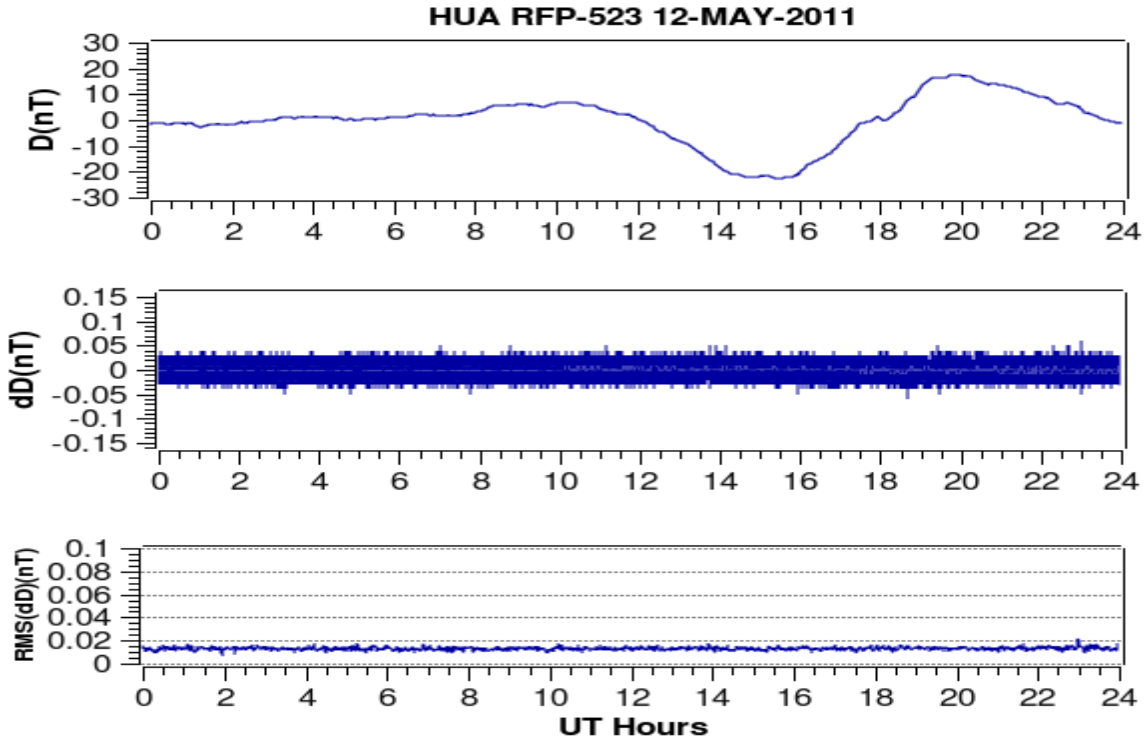


Figura 5 Componente D, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

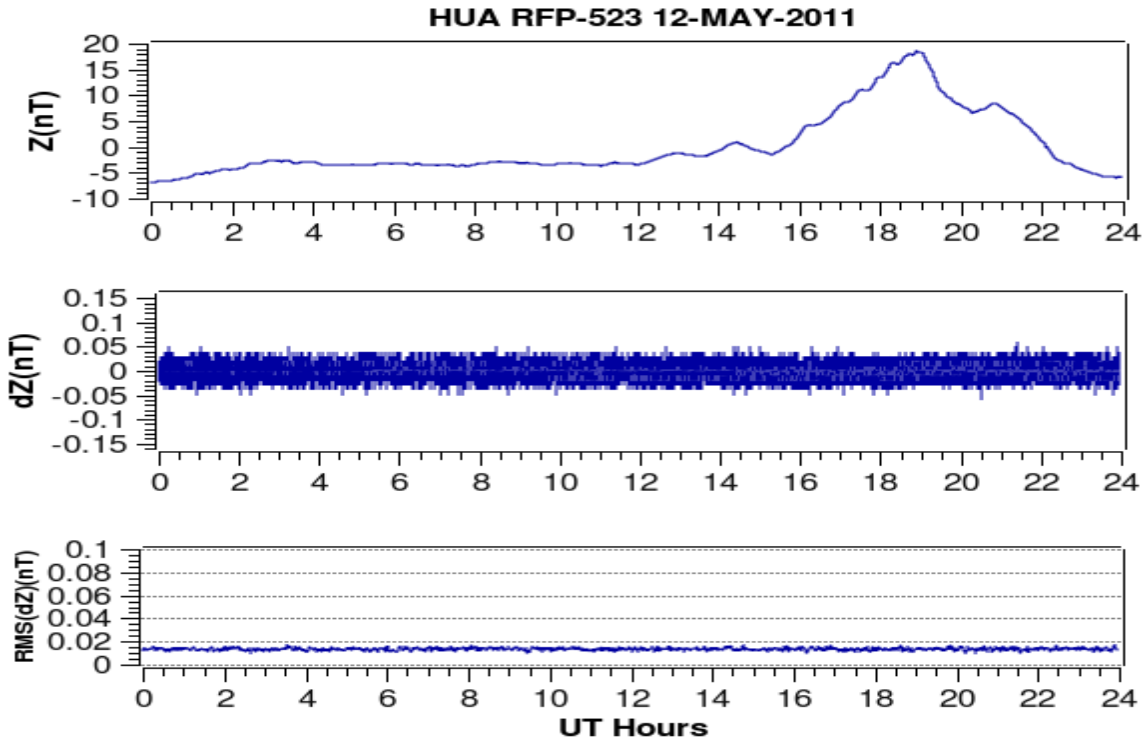


Figura 6 Componente Z, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

4.3 Variómetro ESCHENHAGEN-CCD

Variómetro de imán suspendido tipo fotográfico. Se encuentra operando desde el 1 de Marzo de 1922. Hasta el 31 de Diciembre del 2009 ha operado con un registrador de papel fotográfico. En el año 2010 únicamente su registrador de papel fotográfico fue reemplazado por una registrador CCD, actualmente viene operando con un muestreo de 1 dato por segundo en cada uno de sus tres componentes.

El registrador CCD tiene una resolución de 2088 pasos. Los valores de escala (v) determinado para cada componente son los siguientes:

$$v_H = 0.1498 \text{ [nT/step]} \quad (2)$$

$$v_D = -0.3348 \text{ [nT/step]} \quad (3)$$

$$v_Z = -0.0537 \text{ [nT/step]} \quad (4)$$

De (2), (3) y (4) tomando en cuenta la resolución del CCD se tienen los siguientes rangos de registro (R):

$$R_H = \pm 156 \text{ nT} \quad (5)$$

$$R_D = \pm 349 \text{ nT} \quad (6)$$

$$R_Z = \pm 56 \text{ nT} \quad (7)$$

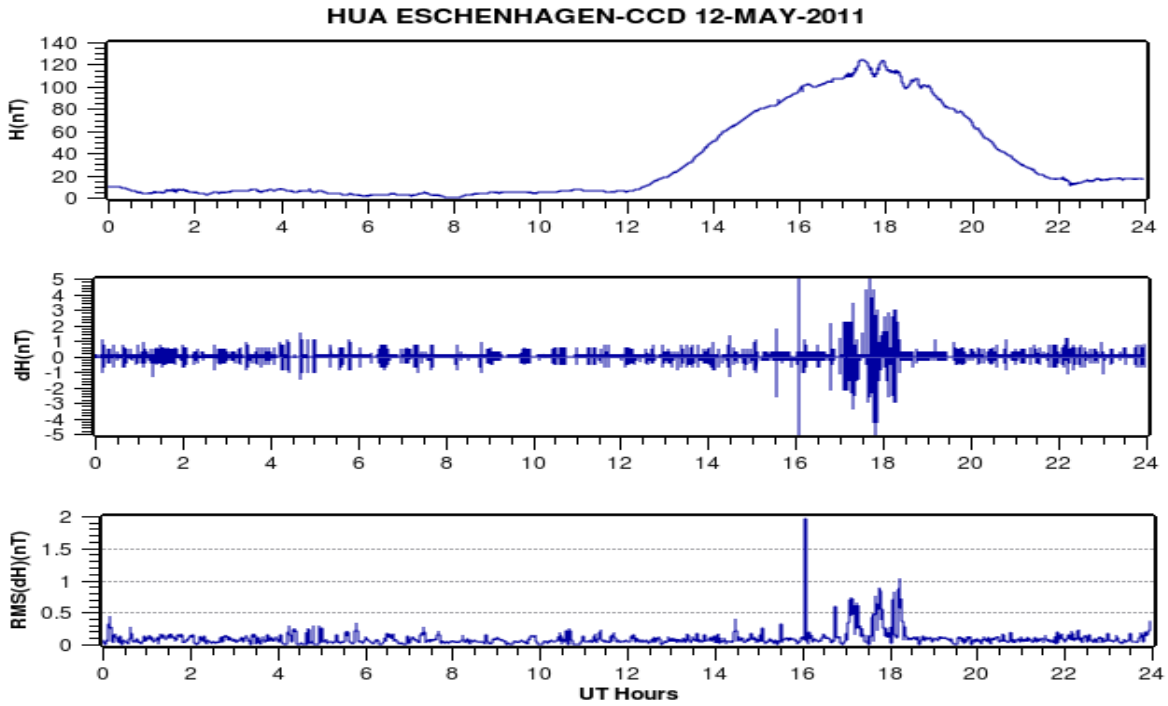


Figura 7 Componente H, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

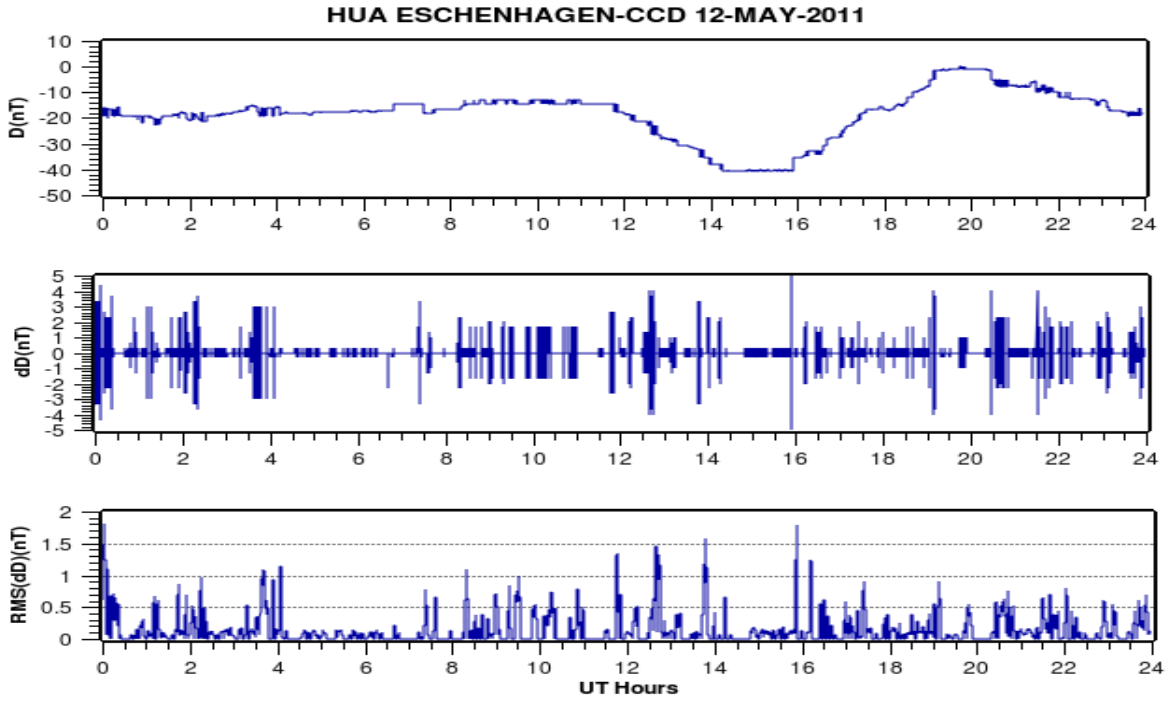


Figura 8 Componente D, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

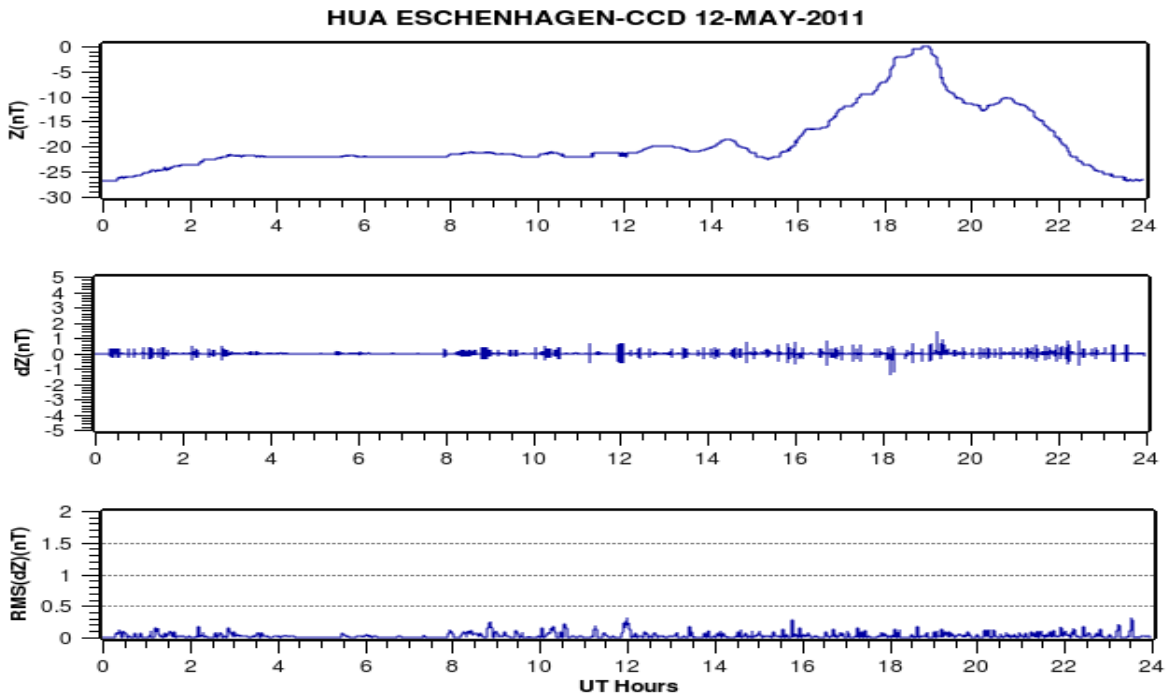


Figura 9 Componente Z, datos crudos (arriba), diferencia (medio) y RMS (abajo) como función del tiempo del día.

5 RESULTADOS

Se realizo el análisis usando datos de varios días quietos del primer semestre del 2011 para los tres magnetómetros, determinándose el nivel de ruido dado en la tabla 2.

Component variometer	INTERMAGNET Main variometer fluxgate	RFP-523 Backup variometer fluxgate	ESCHENHAGEN-CCD Backup variometer photographic
RMS H	0.109 nT → 0.1 nT	0.015 nT → 0.02 nT	0.633 step → 1 step 0.095 nT → 0.1 nT
RMS D	0.092 nT → 0.1 nT	0.013 nT → 0.01 nT	0.454 step → 1 step 0.152 nT → 0.2 nT
RMS Z	0.086 nT → 0.1 nT	0.013 nT → 0.01 nT	0.559 step → 1 step 0.030 nT → 0.03 nT

Tabla 2 Test de ruido de los variómetros

INTERMAGNET es una red de observatorios geomagnéticos que presentan datos casi en tiempo real (near-real-time) del cual el observatorio de Huancayo forma parte de esta red. Los estándares establecidos por INTERMAGNET para el reporte de datos de un minuto requiere que los variómetros tengan una resolución de 0.1 nT y un intervalo mínimo de muestreo de 10 segundos. De las tablas 1 y 2 podemos concluir que los tres variómetros que se encuentran operando en el observatorio de Huancayo reúnen los requerimientos establecidos en el manual técnico de INTERMAGNET.

- Usando el primer método la técnica de análisis muestra que cada magnetómetro tiene diferentes niveles de ruido y resolución. El variómetro fluxgate INTERMAGNET tiene un nivel de ruido alrededor de 0.1 nT, el

variómetro RFP-523 entre 0.01 – 0.02 nT y el variómetro ESCHENHAGEN entre 0.03 – 0.2 nT RMS (tabla 2).

- Se realizo el análisis usando varios días quietos del primer semestre del 2011 para obtener un valor promedio de nivel de ruido para cada variómetro y para cada uno de sus componentes.
- Esta técnica de aplicar la primera diferencia falla cuando el campo geomagnético cambia rápidamente con largas amplitudes de cambio. Largas amplitudes de cambio debido al incremento de la actividad magnética cubre la amplitud del nivel de ruido del magnetómetro.
- No ha sido posible aplicar el segundo método a los variómetros debido a que cada sistema de variómetro son de distinta resolución y tienen diferentes intervalos de adquisición de datos.

6 CONCLUSIONES

- La técnica empleada ha sido satisfactorio en estimar el nivel de ruido de los tres variómetros que operan en el observatorio de Huancayo. El método de análisis funciona muy bien cuando el campo magnético corresponde a condiciones no perturbadas (días tranquilos). Cuando el campo magnético corresponde a condiciones perturbadas, esta técnica no es apropiada.
- El presente método fue empleado por la Geological Survey de los Estados Unidos (USGS) en su red de 14 observatorios geomagnéticos. Existía la preocupación de que los RMS determinados por este método puedan ser dependientes de la latitud. Se ha observado que el nivel de ruido tienen pequeñas variaciones con la latitud. En los observatorios localizados en latitudes más altas el nivel de ruido es muy similar los demás observatorios. La diferencia es que el campo magnético es más activo en altas latitudes pero cuando el campo magnético es tranquilo la técnica de la RMS de la primera diferencia puede determinar satisfactoriamente el nivel de ruido.
- La técnica de usar dos variómetros es satisfactorio cuando se comparan datos de sistemas idénticos. Es probablemente una mejor medición del nivel de ruido porque se remueve las variaciones del análisis. Cuando se comparan datos de diferentes sistemas la técnica no es tan útil debido a las diferencias entre sistemas de adquisición y magnetómetros.
- La presente técnica permite estimar el nivel de ruido de cada componente del variómetro sin la necesidad de detener el registro de datos, con la respectiva consecuencia de pérdida de datos no registrados. En estaciones magnéticas donde opera un solo variómetro este método es muy apropiado para estimar el nivel de ruido del magnetómetro.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar la presente técnica de forma periódica a fin de garantizar y validar los datos registrados por los magnetómetros.
- La presente técnica es muy útil en variómetros recién construidos con la finalidad de establecer su nivel de ruido y así mismo poder comparar el nivel de ruido relativo respecto a un variómetro patrón que tenga similares características que el variómetro en prueba.

BIBLIOGRAFíA

LOVE J. J., 2005, 1-Second Operational Standard for INTERMAGNET, *Minutes of the PSCOM/EXCOM MEETING*, Mexico 2005.

TRIGG Douglas F., and Coles Richard L., INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 4.0, pp. 5, 1999.

WORTHINGTON E. W., Sauter E. A., Love J. J., Analysis of USGS One-Second Data, Procedings of XIIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing, U. S. Geological Survey, pp. 262-266, 2009.