

NOTAS SOBRE EL MAGNETISMO TERRESTRE

Por el Ingeniero *Adolfo C. Romero*
(Trabajo de Incorporación)

P R O L O G O

Estas Notas sobre Magnetismo Terrestre se han preparado con el fin de exponer ante el público los resultados de las observaciones magnéticas practicadas en Venezuela durante la última década.

Antes del cuadro de las setenta y nueve estaciones observadas para la preparación de los tres mapas isomagnéticos anexos se han presentado algunas explicaciones sobre los elementos magnéticos y los instrumentos empleados en esta clase de levantamiento.

Los estudios de variación diurna además de ser esenciales para la reducción de los elementos magnéticos, darán información útil para precisar el sitio conveniente para el Observatorio Magnético que tanto necesita el país.

La variación de la declinación en la ciudad de Caracas que se presenta en estas Notas se ha registrado continuando las observaciones practicadas por Humboldt, Buscaleone, Felipe y Santiago Aguerrevere, Hanson, Wiles y desde 1950 hasta ahora por la Sección de Geomagnetismo de Cartografía Nacional.

En la lista de estaciones magnéticas se incluyen Trinidad, Tobago, Curazao y Bonaire. Los Gobiernos de esas islas gentilmente autorizaron al de Venezuela para que observadores de la Cartografía practicasen las medidas en las estaciones informadas.

Ha colaborado en la preparación de estas Notas el personal de la Sección de Geomagnetismo de la Dirección de Cartografía Nacional.

Adolfo C. Romero

DEFINICION Y DATOS HISTORICOS DE LOS ESTUDIOS GEOMAGNETICOS

Geomagnetismo es la parte de la Geofísica que estudia el magnetismo terrestre.

La tierra está rodeada de un campo magnético producido, en parte, por los materiales magnéticos pesados que hay en la parte interna del globo y por la influencia de fenómenos eléctrico-atmosféricos en la parte exterior de la Tierra. La forma del campo magnético terrestre corresponde al campo producido por un imán esférico, aunque en la Tierra los polos magnéticos no coinciden con los polos geográficos; los polos magnéticos están situados sin ninguna simetría en las regiones polares.

La intensidad del campo magnético terrestre aunque considerable, no es lo suficiente para que sea posible su determinación sin la ayuda de los instrumentos desarrollados en los tiempos modernos. Los primeros conocimientos del magnetismo que tuvo la humanidad vinieron de las curiosas propiedades de la "piedra imán", observadas por los griegos 700 años antes de J. C. aunque existe entre los chinos una curiosa leyenda de un emperador que tenía un carro guiado por el magnetismo; esta leyenda data de 2.600 años antes de J. C. La polaridad del imán fue descubierta por los chinos y aplicada para orientarse en la navegación desde el tercer siglo de la Era Cristiana.

El empleo en Europa de la aguja magnética para orientarse en los viajes, data desde el siglo XII, como consecuencia de las Cruzadas; en el siglo XIII se suspendió la aguja magnética de un pivote y se le adaptó un círculo azimutal. Hasta esta época se creía que la brújula indicaba el norte geográfico y que las variaciones que se observaban en la declinación se debían a imperfecciones mecánicas de las agujas magnéticas; con el viaje de Cristóbal Colón para el descubrimiento de América se tuvo la sospecha de que la brújula tenía diferentes variaciones al cambiar el sitio de observación, el cambio se hizo más notorio al pasar Colón la línea agónica cuando la aguja punteó al Oeste en vez de señalar al Este como sucedía en aquella época en Europa.

El siglo XVI fue de progreso para el estudio del magnetismo terrestre, se idearon métodos y aparatos para la observación de la declinación. Roberto Norman determinó por primera vez en Londres

la inclinación magnética por el año de 1581. En el año 1701 se publicaron las primeras cartas magnéticas con curvas que enlazaron los puntos de igual variación, estas cartas fueron preparadas por Halley, famoso también en la historia de la Astronomía.

LA DECLINACION MAGNETICA Y SUS VARIACIONES

Declinación magnética (D), es el ángulo que forma el meridiano astronómico con el meridiano magnético. Este ángulo es positivo cuando el meridiano magnético está al Este del astronómico y negativo cuando está al Oeste.

El concepto de "meridiano magnético" es totalmente diverso del de "meridiano geográfico". El meridiano geográfico de un punto del globo es un plano que pasa por los polos geográficos del globo y por el punto. El ángulo que forma ese meridiano con uno escogido como referencia es la longitud del punto. La traza del meridiano geográfico en la superficie terrestre es una curva que se asemeja a una elipse tanto como el geoide se parece a un elipsoide; en todo caso es siempre una curva plana. Todos los puntos de esa curva tienen la misma longitud, y, recíprocamente, todos los puntos que tienen esa misma longitud están sobre aquella curva. Este es, pues, el lugar geométrico de los puntos de igual longitud.

El meridiano magnético de un punto es un plano que pasa por la vertical del punto y por la dirección que toma la aguja magnética en dicho punto. Su intersección con la superficie terrestre es una curva plana, pero los demás puntos de esa curva no tienen por meridiano magnético a aquél plano. El azimut del meridiano magnético en el punto es como se dijo la "declinación magnética" en dicho punto; los demás puntos de la traza del meridiano magnético en el geoide no tienen la misma declinación. El lugar geométrico de los puntos de la superficie terrestre que tienen igual declinación es una curva de doble curvatura llamada "línea isogónica". La aguja magnética marca, en cada punto, una dirección que está contenida en el meridiano magnético, el cual, en general, no pasa por el polo magnético; por esta razón el polo norte de la brújula no señala hacia el polo magnético.

Hemos visto anteriormente que la declinación varía con el sitio, estudiemos ahora las variaciones de la declinación en el tiempo. La variación secular de la declinación fue apreciada por primera vez por Gellibrand al comparar observaciones anteriores efectuadas por otros

investigadores durante la parte final del siglo XVI y primera mitad del XVII, desde entonces se ha precisado que, la declinación tiene en toda la Tierra diferentes variaciones, tanto en valor como en el sentido de los cambios, encontrándose sitios de variación opuesta y sitios en donde casi no existe alteración, pero para determinada época, porque no hay ninguna constancia en la ocurrencia de los fenómenos magnéticos que estudiamos. Aparte de la variación de la declinación llamada secular existe la variación diurna; siendo ésta la oscilación que tiene la aguja magnética a partir de su posición media del día, y a cada hora de éste corresponde un valor diferente de la declinación. Aún la variación diurna tiene cambios de acuerdo con las estaciones del año, siendo aquéllos más significantes cuanto mayor es la latitud del lugar observado. La principal característica de la variación diurna es la de seguir en su modalidad de cambios al tiempo medio local, lo que la relaciona en primer término al movimiento aparente del Sol.

El 10 de mayo de 1951, observaciones de variación diurna de la declinación se practicaron en San Fernando de Atabapo y se compararon con los registros del Observatorio de San Juan de Puerto Rico; entre San Fernando y San Juan hay una diferencia de 5 minutos en tiempo medio local y 14° en latitud; la variación de ambos lugares fue prácticamente igual aunque los cambios difieren de San Juan por una hora de retardo respecto a San Fernando de Atabapo.

En los gráficos que siguen se muestran las variaciones medidas en lugares de Venezuela seleccionados según latitudes y longitudes extremas. El examen de los resultados obtenidos de las observaciones en el territorio nacional nos muestra que el mínimo del día ocurre entre 7 y 10 de la mañana y el máximo entre 3 y 6 de la tarde, en días magnéticamente normales la declinación no varía más de ocho minutos de arco.

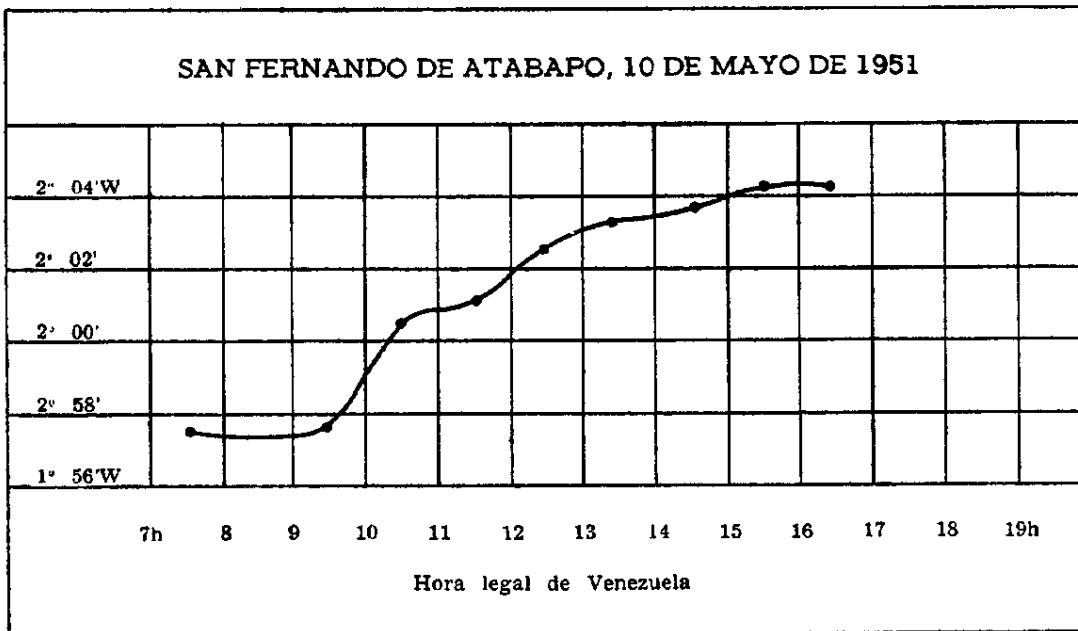
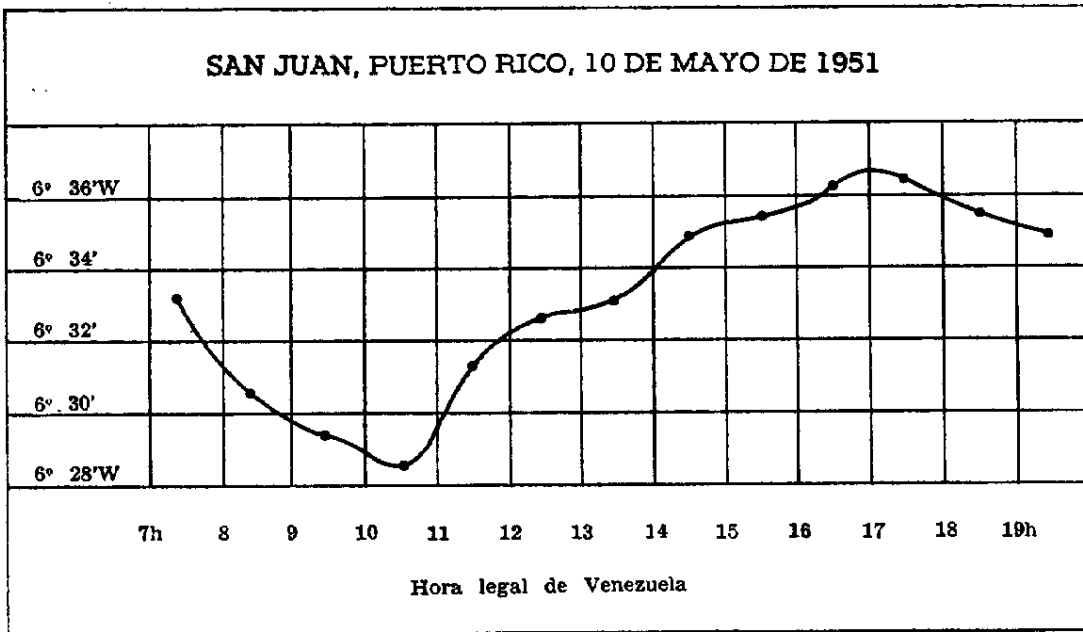
VARIACION SECULAR DE LA DECLINACION MAGNETICA EN CARACAS

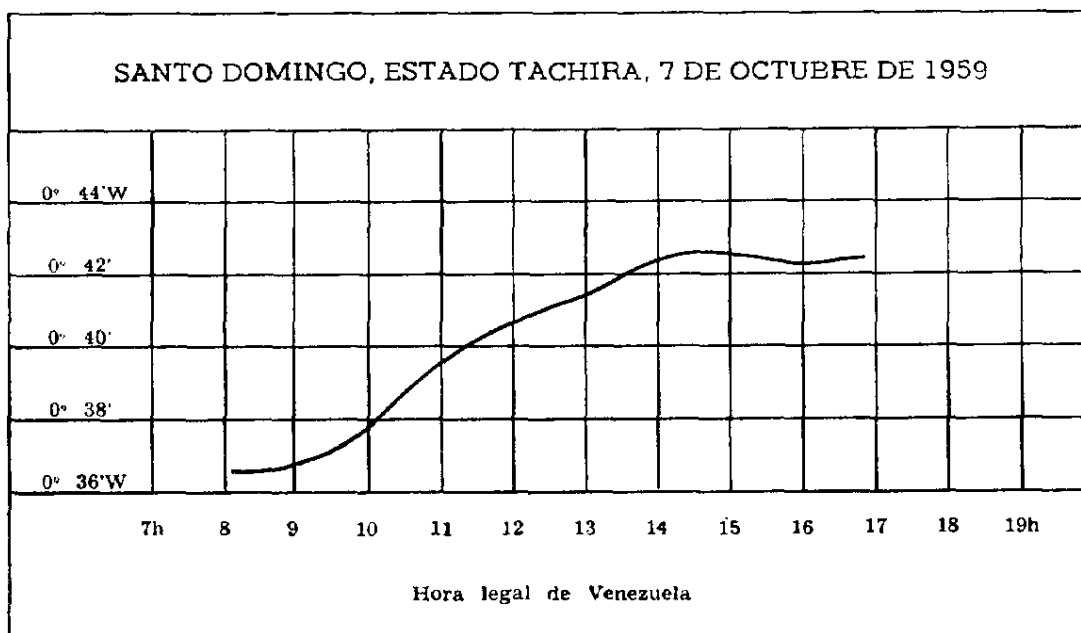
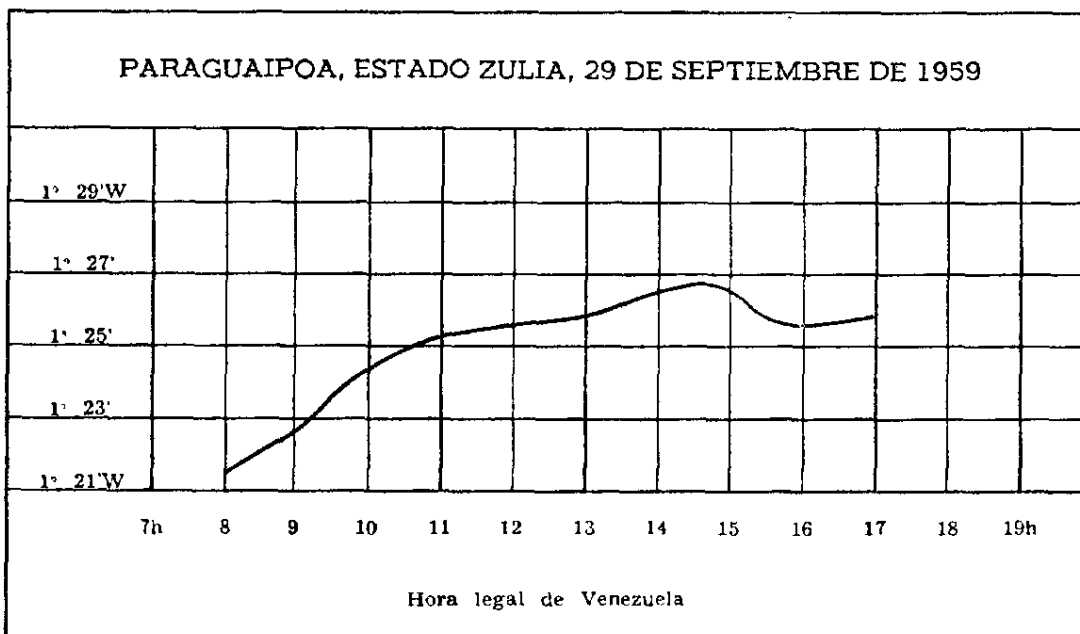
El valor más antiguo que se tiene de la declinación magnética en Venezuela, es el interpolado del mapa isogónico del astrónomo Halley publicado en el año 1700; el Dr. Felipe Aguerrevere en su estudio "Declinación magnética de Venezuela desde 1700", da para este año $7^{\circ} 44'$ Este, en la ciudad de Caracas. Desde esa fecha hasta

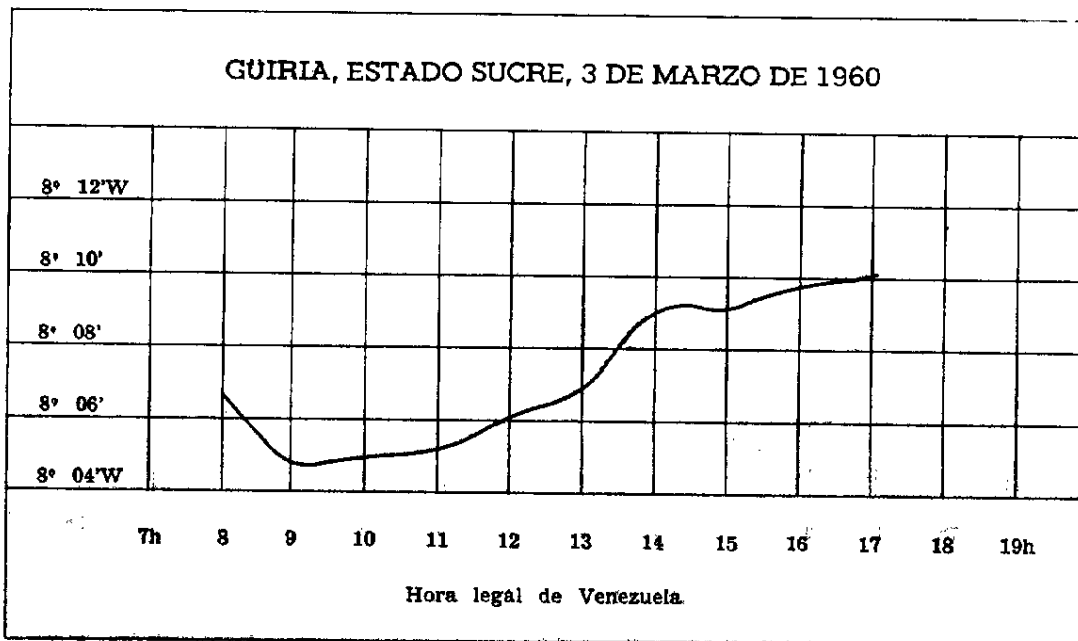
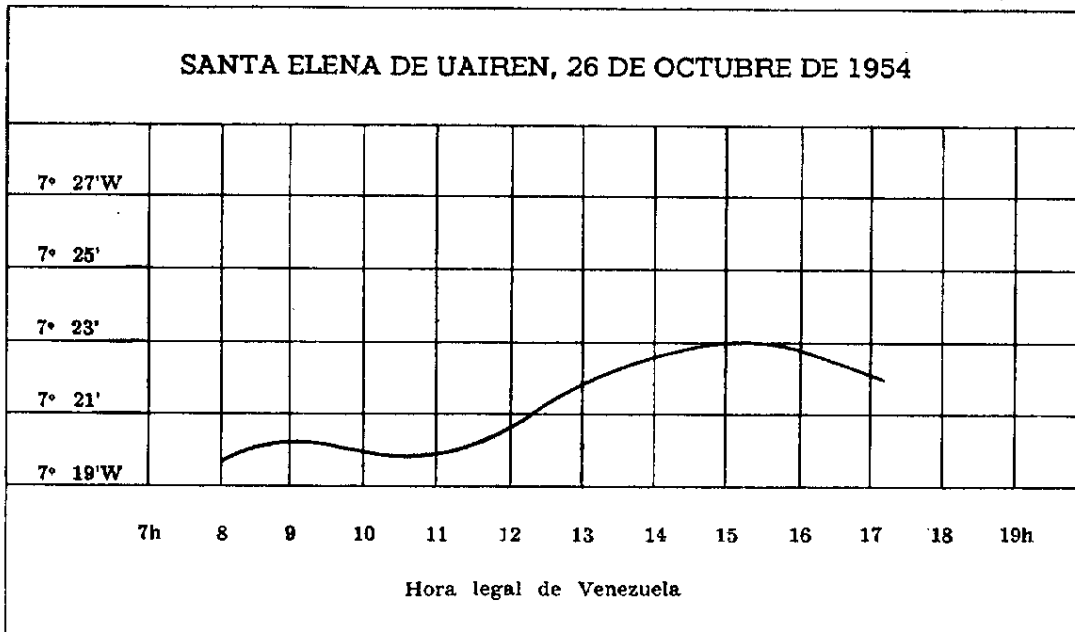
1922, apunta el autor mencionado anteriormente una serie de valores, que hemos completado con observaciones del Departamento de Magnetismo Terrestre de la Institución Carnegie de Washington (CIW), U. S. Coast and Geodetic Survey y de la Dirección de Cartografía Nacional del M. O. P. de Venezuela en los últimos diez años, para actualizar la curva de la Fig. 2 estudiada por el Dr. Aguerrevere. Los valores son los siguientes:

<i>Observador</i>	<i>Fecha</i>	<i>D</i>	<i>Variación anual</i>	
Halley	1700,0	7°44',0	Este	
Humboldt	1800,0	4°38',2	Este	1',9
Buscaleone	1893,0	2°30',0	Este	1',4
F. y S. Aguerrevere	1905,0	1°33',0	Este	4',8
D. C. Sowers	1912,5	0°02',0	Este	12',1
S. Aguerrevere	1922,0	1°42',0	Oeste	10',9
E. Hanson CIW	1931,8	2°06',2	Oeste	2',5
U. S. Coast & Geodetic S.	1942,2	2°58',0	Oeste	5',0
U. S. Coast & Geodetic S.	1946,2	3°21',5	Oeste	5',9
M. O. P. Cartografía Nacional	1950,6	3°46',0	Oeste	5',6
M. O. P. Cartografía Nacional	1954,6	4°09',6	Oeste	5',9
M. O. P. Cartografía Nacional	1959,0	4°37',8	Oeste	6',4

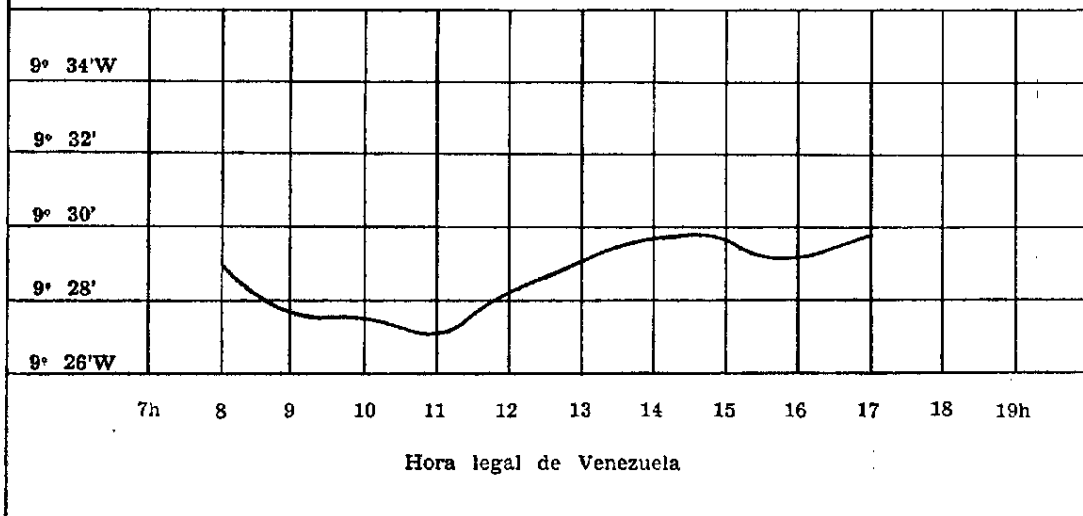
Si comparamos las variaciones obtenidas para los últimos treinta y siete años con las calculadas por el Dr. Aguerrevere hasta 1922, nos daremos cuenta de la disminución que ha sufrido la variación en Caracas; esto parece confirmar lo expuesto por el citado autor al suponer que Venezuela en este siglo pasaría por la parte media del ciclo de variaciones de la declinación, comparable a la curva que representa el período oscilatorio. La declinación continuará incrementando su valor Oeste, pero es de esperarse que las variaciones por año disminuyan hasta que el extremo norte de la aguja magnética alcance su máxima desviación Oeste, iniciándose entonces el cambio de signo en la variación y el incremento de su valor.

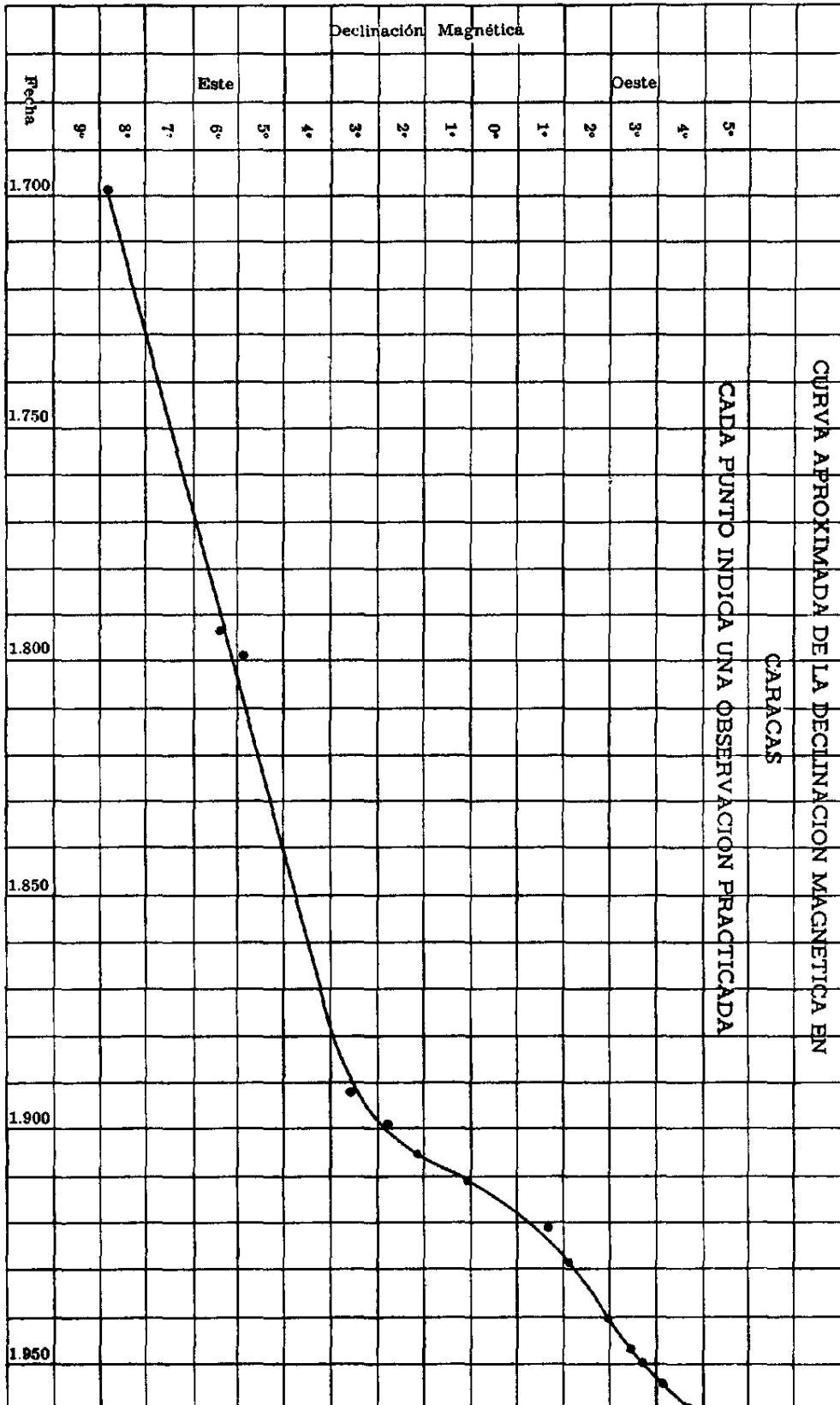


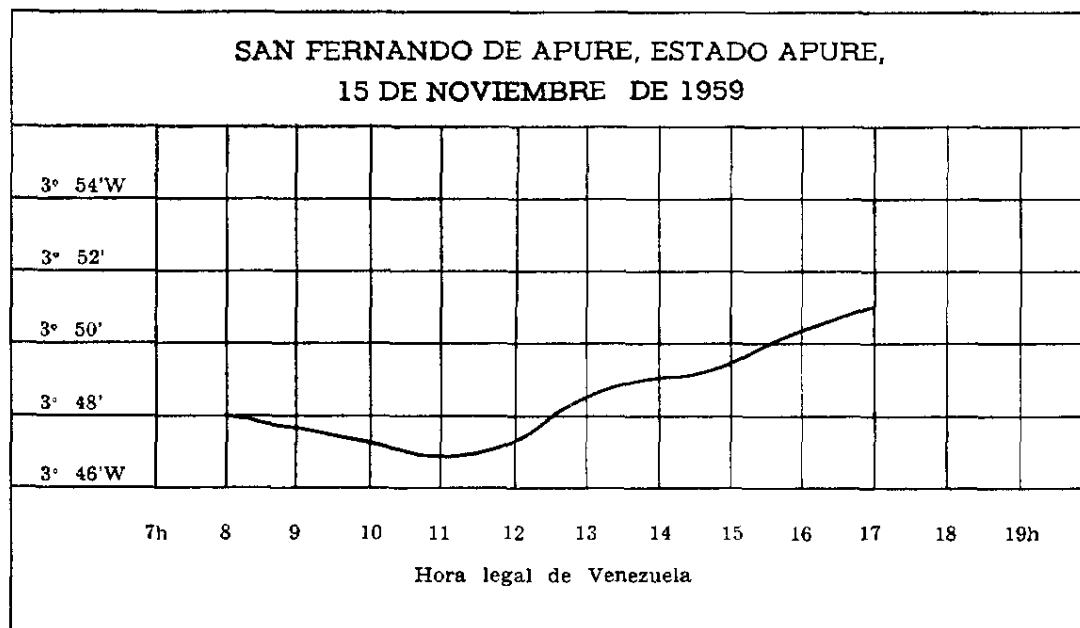
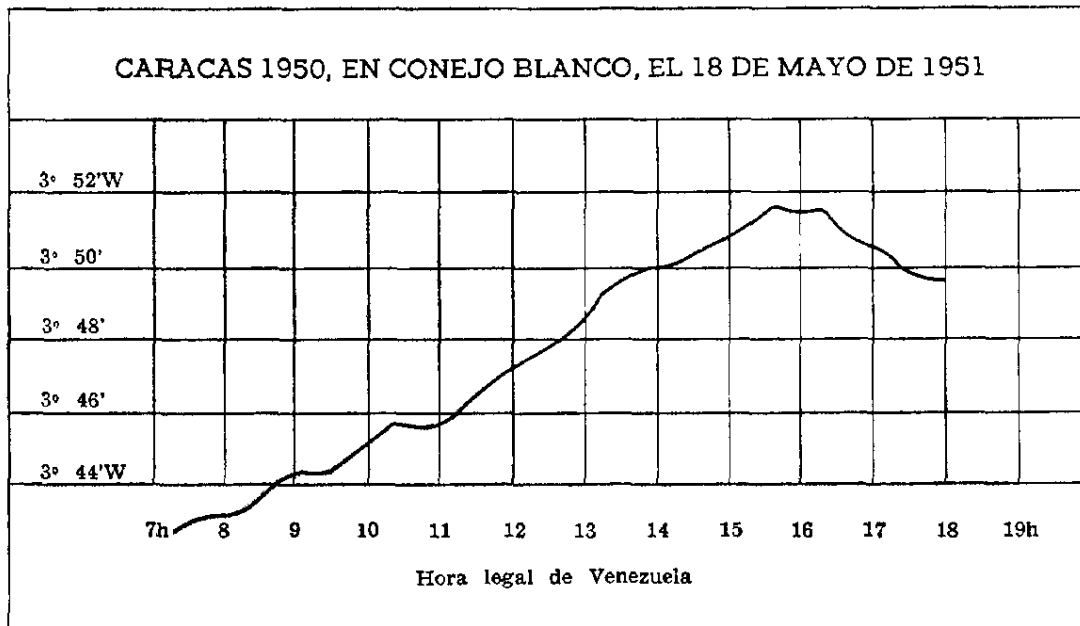




**LA LINEA (BARIMA) TERRITORIO FEDERAL DELTA AMACURO,
16 DE NOVIEMBRE DE 1954**







En algunas ciudades de Europa, entre ellas Roma, Londres y París, se han practicado observaciones magnéticas durante tres o cuatro siglos, siendo las más antiguas aquéllas que se refieren a la declinación y a la inclinación. El gráfico correspondiente a las variaciones de D en la ciudad de Londres desde el año 1540 indica que de seguir su curvatura normal, el ciclo ha de terminarse a los 480 años de la primera fecha registrada.

APLICACION DE LOS ESTUDIOS MAGNETICOS

La brújula puede considerarse como uno de los inventos que han contribuído más al progreso de la civilización. Mediante su uso fue posible incrementar la navegación hasta llegar al descubrimiento de nuevos continentes.

Como instrumento de topografía está clasificada entre los más antiguos. Actualmente la brújula ha sido reemplazada por aparatos mucho más precisos para trabajos donde se requiere exactitud, pero todavía se emplea la brújula en trabajos de poca importancia, sobre todo cuando se trata de superficies menores, resultando económica y rápida la medición. La mayoría de los levantamientos efectuados durante la colonia fueron hechos con brújula, suponiendo que la declinación no cambiaba y que la aguja magnética punteaba hacia el norte verdadero; por esta razón en Venezuela se adelantan investigaciones para determinar cómo se han sucedido los cambios de los elementos magnéticos en el pasado, así como los datos para calcular aproximadamente el valor de esos elementos en el futuro, a fin de llevar al terreno líneas cuyos rumbos fueron tomados hace muchos años, y conocer los valores magnéticos actuales probables para una zona que ha sido estudiada con un mapa magnético.

En las Cartas Aeronáuticas además de la topografía del terreno se trazan las líneas isogónicas con el objeto de corregir los rumbos establecidos durante los vuelos, al tener en cuenta la variación del compás en cualquier lugar del trayecto; también en las Cartas Hidrográficas, las isogónicas tienen igual aplicación. Actualmente se han desarrollado nuevos tipos de brújulas, incluyendo algunos modelos sin imán; están formados por una bobina que al rotar genera una corriente eléctrica causada por el campo magnético terrestre; el uso del giro-compás, tanto en aviación como en navegación no ha desplazado por completo a la brújula o compás; se le tiene como instrumento de reserva que no está sujeto a interrupciones al faltar la fuerza motriz para su operación.

Otra aplicación del magnetismo terrestre, es el estudio detallado de anomalías magnéticas de una región para la localización de minerales de hierro y para ayudar al estudio estructural de la corteza terrestre.

La investigación de los rayos cósmicos ha demostrado que hay relación entre la variación de esta radiación y el campo magnético terrestre; también la electricidad atmosférica se considera como una de las causas de las variaciones del magnetismo. Los observatorios magnéticos registran las tormentas magnéticas y a la hora en que han ocurrido se han tenido dificultades en la trasmisión de señales radiotelegráficas. La técnica moderna estudia cómo está distribuido el magnetismo terrestre, cómo cambia de hora en hora y de año en año, cómo se origina, cuáles son las causas de los cambios y cómo está relacionada con la electricidad atmosférica, actividad solar y demás fenómenos.

ELEMENTOS MAGNETICOS

Ya hemos definido la declinación magnética, a la que también se suele llamar variación del compás o simplemente variación. Si consideramos la representación vectorial de la fuerza magnética en un lugar cualquiera, llamaremos F el vector que representa esa fuerza en su intensidad total (Fig. N° 3), la proyección de F en el plano horizontal EX , nos da el vector H , que es la intensidad horizontal proyectada a su vez H en el eje Norte obtendremos la componente Norte X , de igual manera Y sería la componente Este, la proyección de F sobre el eje vertical que pasa por el punto se representa por Z o componente vertical; sólo nos falta ahora por definir I , o inclinación, que es el ángulo que forman la línea de fuerza del lugar con el plano horizontal.

La inclinación magnética es positiva cuando el polo norte de la aguja magnética está inclinado (hacia abajo) con respecto al plano horizontal.

En los observatorios magnéticos se registran constantemente los valores de D , H y Z que relacionándolos por las siguientes fórmulas nos dan los otros elementos:

$$\begin{array}{ll}
 Z = H \cdot \text{Tang. } I & X = H \cos. D \\
 Z = F \cdot \text{sen. } I & Y = H \text{ sen. } D \\
 H = F \cdot \cos. I & F = \sqrt{H^2 + Z^2} \\
 H = \sqrt{X^2 + Y^2} & F = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}
 \end{array}$$

INSTRUMENTOS PARA OBSERVACIONES MAGNETICAS

Los instrumentos magnéticos se clasifican en absolutos y relativos. En los absolutos se obtienen los elementos magnéticos combinando los datos de la observación con las "constantes instrumentales" obtenidas de la comparación con patrones internacionales establecidos. Los instrumentos relativos dan solo la diferencia de los elementos entre dos puntos.

Los instrumentos absolutos de uso más frecuente son el magnetómetro y el inductor terrestre.

EL MAGNETOMETRO

El magnetómetro permite la observación de la declinación magnética y de la intensidad horizontal. Parte del magnetómetro es un teodolito que se emplea para observaciones astronómicas y la medida de ángulos entre las marcas. Para la declinación se suspende en su estribo un imán de forma octogonal por medio de una fibra vegetal o de oro a la cual se le ha determinado previamente la dirección en la que no se ejerce ningún efecto de torsión en el estribo.

Para la intensidad horizontal se le adapta al magnetómetro una barra perpendicular al eje del telescopio y sobre ella a diferentes distancias se coloca un imán que desvía al situado frente al telescopio. El valor angular de esta desviación se mide en el círculo horizontal. La combinación de las "constantes instrumentales" con las desviaciones medidas nos dan la relación entre la intensidad horizontal y del momento magnético del imán. La observación de las oscilaciones del imán suspendido nos da el tiempo de una oscilación con la cual obtendremos el producto de la intensidad horizontal y del momento magnético. La combinación del producto y de la relación de esos valores nos da H.

El magnetómetro empleado en los observatorios es de mayor precisión que el que se usa para las determinaciones en el campo, puede observarse la intensidad horizontal con resultados dentro de una gamma y declinación dentro de tres segundos de arco.

Además del magnetómetro normal para medidas de H en observatorios deben mencionarse, el Magnetómetro Horizontal de Cuarzo y el Seno Galvanómetro, entre las ventajas que ofrecen está la de tomar menos tiempo para las determinaciones que el que requieren

las observaciones con el magnetómetro normal, permitiendo mayor precisión en el instante que corresponde a un valor determinado de la intensidad horizontal.

EL INDUCTOR TERRESTRE

Está compuesto por un carrete de alambre de cobre que puede rotarse por medio de un cable flexible. Usando una aguja magnética se coloca el eje de rotación en el meridiano magnético. La inclinación del eje de rotación se ajusta hasta que no se induzca corriente, esto se precisa por medio de un galvanómetro que se coloca sobre otra trípode cerca a la que lleva el inductor, pero no tan próxima de manera que los pequeños imanes que lleva el galvanómetro actúen sobre el inductor.

El inductor empleado en los observatorios es también de mayor precisión que el que se usa para las determinaciones en el campo, el Gran Inductor Terrestre fabricado por la casa Askania de Berlín da una precisión en la inclinación magnética dentro de los seis segundos de arco.

Para las observaciones en el campo la Dirección de Cartografía dispone de un magnetómetro con inductor terrestre y dos tránsitos magnetómetros Gurley para declinación.

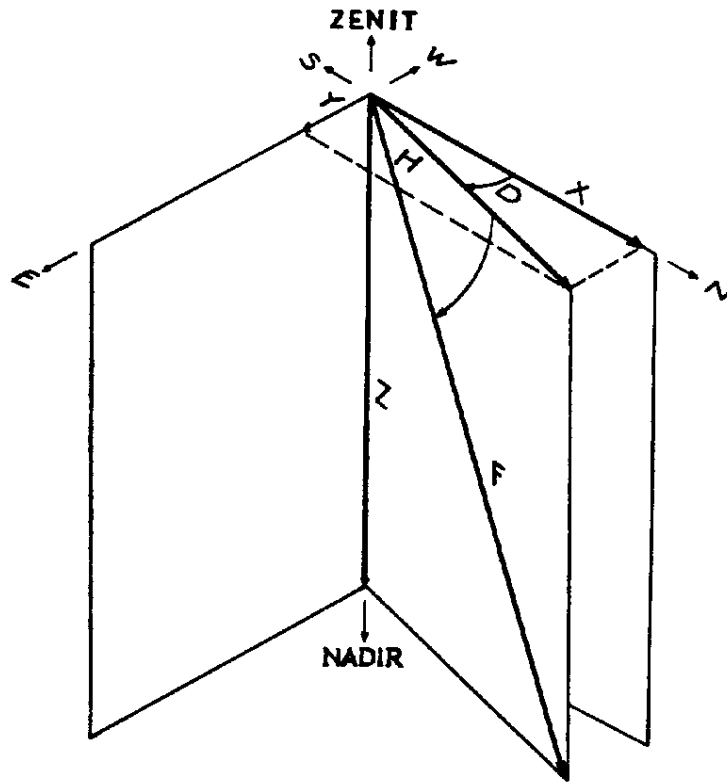
Las constantes instrumentales del magnetómetro se obtuvieron de la comparación con los primarios de Cheltenham en los Estados Unidos de América. Las correcciones instrumentales se obtienen periódicamente de la comparación de estos equipos con los patrones del Observatorio Magnético de San Juan de Puerto Rico.

CARTOGRAFIA MAGNETICA

Las Cartas Magnéticas constituyen el medio de representación gráfica del magnetismo terrestre, en ellas se reducen los elementos a una época determinada a fin de calcular luego con aproximación los valores anteriores o posteriores a la época de la carta.

Si en una carta se representa la declinación, intensidad horizontal y la inclinación magnética, la carta recibe el nombre de Isomagnética, si solo se representa en ella la Declinación se llama Isogónica, en el caso particular de intensidad horizontal se llama Isodinámica y si es de inclinación se llama Isoclínica.

**VECTORES QUE REPRESENTAN
LOS ELEMENTOS MAGNETICOS VISTOS DESDE
EL CUADRANTE N. E.**



D Declinación Magnética

Y Componente Este

I Inclinación

Z Componente vertical

H Intensidad horizontal

F Intensidad total

X Componente Norte

Fig. Nº 3

El levantamiento de un mapa magnético sin los resultados de un observatorio que permita corregir D, H e I por variación diurna no es exacto, tampoco lo será el cálculo de la variación secular, ni la reducción a la época de los elementos por representar. Para obtener resultados apropiados en las observaciones practicadas para las Cartas Magnéticas de 1955, y 1960, se calculó el promedio de dos días consecutivos de observaciones horarias en cada estación. Estos valores se compararon con los calculados anteriormente para las setenta y nueve estaciones de repetición que figuran en la lista anexa de ESTACIONES OBSERVADAS PARA LAS CARTAS MAGNETICAS. —EPOCA 1960.0. Así fué posible deducir un cambio anual para cada estación, cambio que suponemos constante en el tiempo transcurrido entre la última observación y la época de las cartas, 1º de Enero de 1960; de esta manera aproximada se han trazado los tres mapas isomagnéticos para D, H e I a la escala de 1 : 4.000.000 que se presentan al final de esta publicación.

Al instalarse en un futuro cercano, la estación geomagnética registrada del Observatorio Cagigal, se iniciarán los cálculos de los promedios mensuales de los elementos y demás términos del factor de latitud; la corrección por el efecto de la variación diurna se calculará con precisión y será exacta la variación de los elementos entre dos observaciones practicadas en una misma estación y en diferentes fechas.

ESTACIONES OBSERVADAS PARA LAS CARTAS MAGNETICAS - EPOCA - 1960,0.

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Declinación (O)	Inclinación (N)	Intensidad Horizontal (En gammas)
Pueblo Nuevo	11° 57.'5	69° 55.'0	3° 01.'6	43° 18.'8	29171
Coro	11° 25.'6	69° 40.'8	3° 08.'9	42° 38.'5	29269
Paraguaipoa	11° 20.'7	71° 57.'7	1° 26.'7	42° 36.'9	29359
Dabajuro	11° 02.'6	70° 41.'6	2° 24.'6	42° 00.'4	29397
Churuguara	10° 48.'8	69° 31.'8	3° 06.'4	41° 35.'8	29370
Tucacas	10° 47.'1	68° 19.'3	3° 49.'5	41° 37.'9	29272
Maracaibo	10° 40.'8	71° 37.'7	1° 32.'8	41° 22.'0	29619
Güiria	10° 34.'0	62° 17.'4	8° 06.'5	40° 44.'0	29171
Higuerote	10° 28.'2	66° 05.'4	5° 24.'3	40° 56.'9	29293
Cumaná	10° 26.'5	64° 11.'7	6° 43.'3	40° 55.'9	29091
Caracas	10° 28.'1	66° 56.'5	4° 44.'2	41° 04.'5	29300
Maracay	10° 13.'8	67° 34.'8	4° 20.'8	41° 01.'3	29347
Carora	10° 11.'0	70° 03.'7	2° 32.'5	40° 44.'6	29466
Barcelona	10° 06.'4	64° 41.'4	6° 19.'5	4° 33.'7	29159
Barquisimeto	10° 03.'7	69° 21.'3	3° 03.'2	40° 42.'9	29386
Yasa	9° 56.'0	72° 39.'7	0° 34.'2	40° 40.'8	29566
Altagracia de Orituco	9° 52.'0	66° 21.'9	4° 58.'4	40° 32.'8	29197
San Carlos	9° 39.'5	68° 35.'1	3° 33.'6	40° 18.'2	29276

ESTACIONES OBSERVADAS PARA LAS CARTAS MAGNETICAS - EPOCA - 1960,0.

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Declinación (O)	Inclinación (N)	Intensidad Horizontal (En gammas)
Acarigua	9° 32.'8	69° 13.'6	2° 54.'2	40° 04.'1	29318
Valera	9° 20.'9	70° 35.'7	2° 06.'9	39° 40.'7	29550
Maturín	9° 44.'6	63° 09.'7	7° 16.'9	40° 00.'6	29029
Cantaura	9° 18.'3	64° 21.'3	6° 22.'7	39° 27.'6	29165
Valle de la Pascua	9° 13.'6	65° 59.'8	5° 16.'0	39° 33.'4	29229
Guanare	9° 01.'8	69° 45.'3	2° 25.'5	39° 28.'8	29313
Temblador	9° 00.'4	62° 38.'6	7° 50.'0	38° 38.'7	29259
El Salto	8° 56.'0	63° 07.'2	7° 16.'3	38° 44.'7	29284
San Felipe	10° 17.'1	68° 45.'2	3° 22.'2	41° 01.'6	29337
Calabozo	8° 55.'5	67° 25.'5	4° 06.'6	39° 23.'2	29256
Pariaguán	8° 50.'6	64° 42.'8	5° 55.'2	39° 02.'1	29082
Barinas	8° 37.'0	70° 11.'4	1° 59.'3	38° 40.'5	29597
La Canoa	8° 34.'2	63° 51.'6	6° 35.'4	38° 11.'7	29311
San Félix	8° 20.'4	62° 38.'9	7° 01.'2	38° 00.'3	28794
Moitaco	8° 00.'9	64° 21.'6	6° 14.'8	37° 40.'7	29355
San Fernando de Apure	7° 53.'1	67° 26.'2	3° 49.'6	37° 58.'6	29258
Las Bonitas	7° 52.'2	65° 39.'3	4° 56.'1	37° 43.'5	29229

ESTACIONES OBSERVADAS PARA LAS CARTAS MAGNETICAS - EPOCA - 1960,0.

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Declinación (O)	Inclinación (N)	Intensidad Horizontal (En gammas)
Mapire	7° 44.'8	64° 42.'9	5° 38.'6	38° 35.'7	28510
San Cristóbal	7° 46.'5	72° 14.'7	0° 36.'6	36° 58.'6	29949
Caicara del Orinoco	7° 39.'0	66° 10.'6	4° 45.'0	37° 52.'2	29113
Santo Domingo	7° 33.'8	72° 02.'3	0° 42.'0	36° 57.'7	29879
Guasipati	7° 29.'0	61° 55.'0	7° 22.'6	36° 55.'1	29124
La Urbana	7° 08.'1	66° 55.'8	4° 15.'6	36° 45.'3	29293
Santa María	6° 36.'4	67° 07.'8	3° 28.'8	35° 55.'6	29418
Puerto Páez	6° 13.'7	67° 27.'5	3° 15.'1	35° 49.'8	29308
Puerto Ayacucho	5° 37.'1	67° 36.'6	3° 09.'4	34° 18.'4	29563
Curazao	12° 11.'8	68° 58.'0	3° 47.'9	43° 30.'3	29065
Bonaire	12° 09.'8	68° 16.'4	4° 17.'0	43° 51.'2	28822
Los Roques	11° 57.'4	66° 40.'4	5° 11.'4		
La Orchila	11° 48.'8	66° 10.'8	5° 38.'4		
Base Palashio	11° 44.'2	71° 29.'5	1° 56.'8		
Carúpano	10° 38.'5	63° 15.'4	7° 25.'5	41° 07.'1	29025
Porlamar	10° 57.'7	63° 50.'3	7° 09.'0		
La Tortuga	10° 55.'5	65° 22.'2	6° 03.'1		
Galera Point	10° 49.'8	60° 54.'8	9° 16.'3		

ESTACIONES OBSERVADAS PARA LAS CARTAS MAGNETICAS - EPOCA - 1960,0.

E S T A C I O N	Latitud (N)	Longitud (O)	Declinación (O)	Inclinación (N)	Intensidad
					Horizontal (En gammas)
Trinidad B. W. I.	10° 39.'9	61° 30.'8	8° 46.'5	40° 58.'2	28910
Charlotleville B. W. I.	11° 19.'1	60° 32.'9	9° 34.'7		
Valencia	10° 09.'3	68° 01.'2	3° 59.'6	40° 44.'5	29377
Perseverance B. W. I.	10° 05.'2	61° 52.'1	8° 28.'7		
San Juan de los Morros	9° 55.'2	67° 20.'7	4° 15.'4	40° 31.'1	29282
El Pao	9° 38.'1	68° 08.'1	3° 47.'2	40° 08.'2	29319
El Sombrero	9° 23.'1	67° 02.'8	4° 25.'4	39° 48.'1	29294
Zaraza	9° 20.'6	65° 18.'7	5° 45.'7	39° 39.'0	29192
Tucupita	9° 04.'0	62° 03.'7	7° 52.'8		
El Baúl	8° 57.'7	68° 17.'8	3° 16.'1		
Merida	8° 35.'0	71° 10.'3	1° 32.'5	38° 02.'4	29666
Barrancas	8° 43.'4	62° 13.'0	7° 46.'7		
La Línea	8° 19.'4	59° 49.'7	10° 04.'1	37° 57.'0	28486
Ciudad Bolívar	8° 07.'8	63° 33.'1	6° 47.'4	36° 44.'4	29383
Bruzual	8° 00.'8	69° 20.'6	2° 39.'6	37° 58.'1	29507
El Palmar	8° 00.'0	61° 54.'6	8° 04.'0	37° 52.'7	29160
Palmarito	7° 37.'1	70° 09.'4	2° 00.'4	36° 54.'4	29839

ESTACIONES OBSERVADAS PARA LAS CARTAS MAGNETICAS - EPOCA - 1960,0.

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Declinación (O)	Inclinación (N)	Intensidad Horizontal (En gammas)
Maripa	7° 25.'0	65° 11.'2	5° 22.'3		
Tumeremo	7° 15.'3	61° 30.'9	7° 55.'0	36° 29.'3	29111
Guasdalito	7° 12.'5	70° 45.'6	1° 25.'0	36° 26.'2	29793
Las Trincheras	7° 04.'5	65° 00.'3	4° 47.'6		
San Pedro de Las Bocas . .	6° 55.'1	62° 55.'0	7° 09.'8		
La Paragua	6° 49.'6	63° 20.'0	6° 53.'7		
Urimán	5° 21.'4	62° 40.'4	6° 51.'3		
Santa Elena	4° 36.'2	61° 06.'9	7° 54.'4	32° 23.'0	29214
S. Fernando de Atabapo . .	4° 03.'0	67° 41.'8	3° 03.'8	32° 18.'7	29802