
LEVANTAMIENTO AEROGRAVIMETRICO y AEROMAGNETICO



**Programa ADQUISICION PROCESAMIENTO e INTERPRETACION
de datos de AEROMAGNETOGRAVIMETRIA en Las Cuencas de
Cesar-Ranchería, Alta y Baja Guajira y Alejo**

**Contrato No. : 2070026
Para**

Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)

INFORME FINAL DE INTERPRETACIÓN
NOVIEMBRE del 2007

Interpretado por: Víctor Graterol y Alvaro Vargas Gómez



**Carson Services, Inc./Aerogravity Division
952 Blooming Glen Road Perkasié PA USA 18944**

**Programa ADQUISICION PROCESAMIENTO e INTERPRETACION de
datos de AEROMAGNETOGRAVIMETRIA en Las Cuencas de Cesar-
Ranchería, Alta y Baja Guajira y Alejo**

<u>CONTENIDO</u>	<u>Página</u>
RESUMEN EJECUTIVO	1
1.0 INTRODUCCIÓN	4
2.0 DESCRIPCION Y LOCALIZACION DEL AREA DEL LEVANTAMIENTO	6
3.0 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	6
3.1. Estratigrafía	7
3.2 Geología Estructural	12
3.3 Evolución Tectónica	14
3.4 Geología del Petróleo	15
4.0 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS GRAVIMÉTRICOS y MAGNETICOS	16
4.1 Anomalía de Bouguer e Intensidad Magnética Total	18
4.2 Separación Anomalía Regional – Anomalía Residual	20
4.2.1 Residuos Gravimétricos Matemáticos	22
4.2.2 Residuos Magnéticos Matemáticos	22
4.2.3 Mapas de Anomalía Regional y Anomalía Residual Controlados	23
4.3 Mapas de Interpretación Estructural	24
4.4 Resultados de la Magnetometría	27
4.5 Residual Isostático	27
4.6 Modelaje Gravimétrico – Magnético	28
5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS	32
ANEXO A. Puntos de Control	34
Base del Cretáceo	34
Base del Terciario	38
FIGURAS	35

**Programa ADQUISICION PROCESAMIENTO e INTERPRETACION de
datos de AEROMAGNETOGRAVIMETRIA en Las Cuencas de Cesar-
Ranchería, Alta y Baja Guajira y Alejo**

Contrato No. : 2070026

LISTA DE FIGURAS		Página
Figura 1	Localización y Relieve Topográfico	40
Figura 2	Anomalía de Bouguer AB (Datos Terrestres)	41
Figura 3	Anomalía de Bouguer (Datos Aereos)	42
Figura 4	Anomalía de Bouguer (Datos Aereos y Terrestres)	43
Figura 5	Intensidad Magnética Total (IMT)	44
Figura 6	Intensidad Magnética Total Reducida al Polo (IMTRP)	45
Figura 7	Residuo de la AB Polinómico de Grado 3	46
Figura 8	Residuo de la AB 1ra Derivada Vertical	47
Figura 9	Residuo de la IMTRP Polinómico de Grado 3	48
Figura 10	Residuo de la IMTRP 1ra Derivada Vertical	49
Figura 11	Regional Gravimétrico con Control Geológico incluyendo los Afloramientos Base del Cretáceo – Referencia 1500 m Arriba del NMM	50
Figura 12	Residual Gravimétrico con Control Geológico Incluyendo los Afloramientos Base del Cretáceo - Referencia 1500m Arriba del NMM	51
Figura 13	Base del Cretáceo - Inversión 3D del Resd. Controlado – Referencia NMM	52
Figura 14	Interpretación Estructural Tope del Basamento - Referencia NMM	53
Figura 15	Regional Gravimétrico con Control Geológico incluyendo los Afloramientos Base del Terciario - Referencia 1500m Arriba del NMM	54
Figura 16	Residual Gravimétrico con Control Geológico incluyendo los afloramientos Base del Terciario - Referencia 1500m Arriba del NMM	55
Figura 17	Base del Terciario - Inversión 3D del Resd. Controlado - Referencia NMM	56
Figura 18	Interpretación Estructural – Base del Terciario – Referencia NMM	57
Figura 19	Isopaco de Sedimentos Cretáceos	58
Figura 20	Isopaco de Sedimentos Terciarios y Cuaternarios	59
Figura 21	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL A-A'	60
Figura 22	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL B-B'	61
Figura 23	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL C-C'	62
Figura 24	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL D-D'	63
Figura 25	Modelaje Grav. Y Mag. PERFIL E-E'	64
Figura 26	Soluciones de Euler – Basamento Magnético SI= 0.0 – Contacto Magnético	65
Figura 27	Soluciones de Euler – Basamento Magnético SI=1.0 – Dique Magnético	66
Figura 28	Anomalía de Bouguer Residual Isostático	67
Figura 29	Tope del Moho	68

RESUMEN EJECUTIVO

Durante los meses de Febrero a Junio del 2007 Carson Helicopters Inc. (Aerogravity División) realizó la adquisición y procesamiento de un levantamiento Aerogravimétrico y Aeromagnético sobre las Cuencas de Cesar-Ranchería y la Alta y Baja Guajira para La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Un avión turbo DeHavilland Twin Outer realizó la adquisición de 10.805 Kilómetros de datos aerogravimétricos y aeromagnéticos respectivamente. En Cesar-Ranchería se volaron 4.250 km, en la Alta y Baja Guajira 5.770 Km, sobre una malla de vuelo de 5 Km x 10 Km y 785 Kilómetros lineales sobre la Sierra de Santa Marta. Los datos geofísicos se adquirieron, respectivamente, a alturas promedios de 1.500 msnm, 1.220 msnm y 6.380 msnm. Diariamente se analizaron y procesaron para su control de calidad y aprobación final en las instalaciones de CARSON en Perkasié – PA. – USA. Adicionalmente se integró para la interpretación el Levantamiento Aerogravimétrico-magnético realizado por Carson Helicopters Inc. sobre el Bloque Alejo, con un total de 5012 kilómetros de información gravimétrica y 6.115 km de información magnetométrica, volados con una malla de 1 km x 5 km, con alturas de 1.100 m, 1.400 m y 3.000.m. Igualmente toda la información gravimétrica terrestre existente se evaluó e integró con los datos aéreos, para poder obtener valores de Anomalía de Bouguer en Puntos de Control localizados afuera del cubrimiento aéreo.

Durante los meses de Julio y Agosto del año en curso, el Dr. Víctor Graterol y el Geólogo Alvaro Vargas analizaron los trabajos de procesamiento e interpretaron los datos finales gravimétricos y magnéticos. La interpretación incluyó el mallado de los datos con espaciamiento de los puntos de la grilla cada 1.000 m y tuvo como principal objetivo elaborar principalmente los mapas de la base del Cretáceo y la base del Terciario debido a que en esos horizontes es posible controlar la profundidad usando información de los pozos que llegaron a atravesar ambas secuencias. Ningún pozo de los disponibles para la cuenca de Cesar Ranchería llegó a tocar rocas del Paleozoico.

Aunque se emplearon filtros matemáticos, la principal fase de filtrado se realizó con estricto control geológico (profundidades a la base del Cretáceo y la base del Terciario respectivamente provenientes de mapas y cortes geológicos, información de la profundidad a esos dos horizontes conocidas en pozos y sísmica interpretada 2D). Información aportada por la ANH.

La interpretación de esos horizontes combina los datos gravimétricos y magnéticos con la información de profundidad con el propósito de definir la localización y extensión en planta de los contrastes de densidad identificables para esos horizontes. Con este propósito se efectuaron dos inversiones gravimétricas para las bases del Cretácico y del Terciario cuya interpretación estructural se presenta, se pueden apreciar los diferentes altos y bajos estructurales, fallas y tendencias. La interpretación controlada define con gran claridad las Cuencas de Cesar, Ranchería, Baja Guajira y Alta Guajira. Puede concluirse que la Falla de Oca separa claramente en profundidad el macizo de Santa Marta y la Cuenca de Ranchería de la Cuenca de la Baja Guajira. Dentro de la Baja Guajira se detectaron altos de basamento preCretáceo al norte y noreste de la población de Rioacha. Estos altos han producido distintos tipos de entrapamiento y en casi todos ellos se han perforado pozos exploratorios (Dorado-1, Almeja-1, Chuchupa-1, Pavón-1, Tiburón-1, Ballena-1, Rioacha-1, Almirante-1, Tunka-1, y Aruchara-1). Esta actividad exploratoria culminó con los descubrimientos de los campos

Ballena y Chuchupa. Como resultado de esta interpretación, al suroeste del pozo Manaure-1, se detectó un alto de estructural que amerita detalle sísmico y perforación exploratoria. De manera similar, a pesar de que el levantamiento aerogeofísico, por otras razones logísticas no llegó hasta el límite con Venezuela, al sureste del pozo Maicao-1 y noreste de los pozos Saure-1 y Guaitapa-1, se alcanza a ver un alto estructural que también amerita estudios adicionales. En la Alta Guajira, al oeste de los pozos Guajira-1 y Cosinetas-1 se observa bien definida la subcuenca de Cocinetas donde se estiman espesores de sedimentos predominantemente Terciarios superiores a los 2.000 m. Sísmica 2D permitiría definir esta subcuenca y sus posibilidades con mayor resolución. Al norte del pozo Jarara-1 y oeste de los pozos Chimare2-1 y Puerto Estrella-1, en pleno mar Caribe, se detectó la subcuenca de Chimaré, de gran extensión, donde el espesor de sedimentos predominantemente Terciarios y posiblemente Cretácicos supera los 6.500 m. Lamentablemente esta subcuenca se encuentra en el límite norte del levantamiento aerogeofísico, se recomienda extender longitudinalmente y transversalmente la adquisición gravimétrica y/o sísmica marina para delimitar este descubrimiento y definir sus posibilidades de entrapamiento de hidrocarburos.

La sub-cuenca de Ranchería (área de Alejo) se caracteriza por su estrechez entre el macizo de Santa Marta al oeste y la Sierra de Perijá al este. Posee extensión longitudinal en sentido noreste y los espesores máximos de secuencias Terciarias y Cretácicas alcanzan valores del orden de los 2.000 m a 2.500 m de espesor. Relativamente pequeños altos estructurales se observan al norte del pozo Molinos-1. Se considera que las mejores posibilidades estarían asociadas con acuñamientos estructurales en los flancos contra Perijá y La Sierra Nevada de Santa Marta. La sub-cuenca del Cesar presenta la mayor extensión y espesor de sedimentos Terciarios y Cretácicos, que sobrepasan, hacia el extremo sur-occidental del área volada, los 6500 m. En el extremo sur-oriental se observan altos estructurales precretáceos de rumbo aproximado nor-noreste; estos altos estructurales pueden también corresponder a extensiones norte del macizo de Santander, el cual aflora al sur de la Cuenca del Cesar. Los pozos Cesar-H-1X Compae-1, Los Venados-1, Río Maracas-1 y Cesar-F-1X se encuentran ubicados sobre altos de estructurales. En estas estructuras podrían existir entrapamiento de hidrocarburos y constituyen las áreas, en nuestra opinión, estructuralmente más prospectivas detectadas en este estudio. Los mapas estructurales confirman que las secuencias Cretácicas se encuentran más desarrolladas en la sub-Cuenca del Cesar y van disminuyendo de espesor hacia el norte en la sub-Cuenca de Ranchería separadas claramente por el Alto de Verdesía.

Al norte de la Falla de Oca, en las subcuencas de la Baja y Alta Guajira, las secuencias Cretácicas poseen espesores menores y posiblemente se localizan solamente en áreas limitadas. Se hicieron mapas isópacos para los sedimentos Cuaternarios-Terciarios y Cretácicos que existen por encima del horizonte Precretácico. Estos mapas isópacos se obtuvieron por simple resta de las mallas finales correspondientes al relieve topográfico y la base del Terciario y de la base del Terciario menos la base del Cretáceo. Estos isópacos confirman que las secuencias Cretácicas se concentran en la Cuenca de Cesar Ranchería, estando prácticamente reducidas a pequeñas concentraciones en las subcuencas de la Baja y Alta Guajira. Todo lo contrario se observa en el Isópaco de las secuencias Cuaternarias y Terciarias, notándose su mayor concentración en las subcuencas de la Baja y Alta Guajira en especial a lo largo de su proximidad al Mar Caribe.

En la Cuenca de Cesar – Ranchería, las secuencias Cuaternarias y Terciarias aumentan de espesor hacia la porción sur-occidental del levantamiento, en dirección a las subcuencas de Plato y San Jorge.

El modelaje gravimétrico-magnético, sustenta que las fallas de Bucaramanga, Oca y Cuisa son en realidad un sistema de ángulo relativamente alto. Sin embargo, acuíferos y trampas estructurales contra estas fallas son estructuras de interés exploratorio especialmente en la subcuenca de la Baja Guajira.

**Programa ADQUISICION PROCESAMIENTO e INTERPRETACION de
datos de AEROMAGNETOGRAVIMETRIA en Las Cuencas de Cesar-
Ranchería, Alta y Baja Guajira y Alejos**

Contrato No. : 2070026

1.0 INTRODUCCION. (arreglar la introducción)

En este informe se presenta la interpretación gravimétrica y magnética de las Cuencas de Cesar-Ranchería, Alta y Baja Guajira y Alejo localizadas en la República de Colombia. Cesar-Ranchería y limitan orientalmente con el piedemonte occidental de la Sierra de Perijá y occidentalmente con la Sierra Nevada de Santa Marta. La Alta y Baja Guajira se ubican en la península del mismo nombre. La interpretación se concentró en la definición de las geometrías estructurales de la base de Cretáceo y la base del Terciario, en forma de definir tanto la localización de las áreas donde pudiesen existir los mayores espesores de las secuencias Terciarias y Mesozoicas, así como también altos estructurales que pudiesen entrapar hidrocarburos en dichas secuencias y acñamientos estructurales contra las bien conocidas fallas regionales localizadas en el area de estudio (OCA y BUCARAMANGA-SANTA MARTA).

Los propósitos fundamentales de esta interpretación fueron los siguientes:

- **3. Definir, (utilizando la información gravimétrica y magnética, integrada con los datos de pozos y sísmica existentes), los TOPES ESTRUCTURALES del preCretáceo y la Base del Terciario;**
- **5. Elaborar los mapas de Interpretación Estructural, donde se representen los principales altos, bajos, lineaciones y otros elementos geológicos de interés en la exploración de hidrocarburos;**

- **1. Evaluar cualitativa y cuantitativamente los datos gravimétricos y magnéticos y presentar una explicación geológica de la distribución de las anomalías geofísicas;**
- **2. Identificar la localización, profundidad y extensión de las anomalías residuales y obtener información referente a la geometría de las estructuras presentes para definir las mejores posibilidades en la ocurrencia de hidrocarburos;**
- **4. Detectar y definir fallas locales y regionales;**
- **7. Proponer y recomendar los trabajos exploratorios subsiguientes en aquellos sitios donde esta interpretación revele áreas de interés.**
- **6. Inferir en profundidad la geometría de la Sierra Nevada de Santa Marta**

En la región cubierta por este levantamiento se ha efectuado mucha exploración regional y semidetallada. Se han realizado trabajos terrestres de sísmica 2D, y se han perforado pozos principalmente con objetivos exploratorios y estratigráficos. En algunos de los bloques otorgados se producen hidrocarburos (gas y crudos livianos) (Campos de Chuchupa y Ballenas en la Baja Guajira y El Paso y El Compae en Cesar-Ranchería). El contraste de densidad en la interfase Terciaria-Cretácica y de densidad y susceptibilidad magnética entre unidades Mesozoicas y el basamento producen anomalías gravimétricas y magnéticas RESIDUALES. Por este motivo el análisis cualitativo y cuantitativo de los datos potenciales integrados con la sísmica y pozos existentes constituye el paso ideal inicial para tratar de resolver el problema propuesto.

2.0 DESCRIPCION y LOCALIZACION DEL AREA DEL LEVANTAMIENTO

En la Sierra Nevada de Santa Marta el relieve llega a alturas superiores a los 5000 m. En las cuencas señaladas y el piedemonte occidental de Perijá es relativamente plano y regular, existen ciudades y pueblos importantes, sin embargo, en muchas zonas el acceso posee graves inconvenientes???? La **Figura 1** muestra la localización de la zona de interpretación, incluyendo el relieve topográfico existente. Las Cuencas de Cesar-Ranchería y la cuenca de La Guajira yacen entre las Latitudes Norte Geográficas de 09 grados 0 minutos a 12 grados 20 minutos y Longitudes Oeste Geográficas de 71 grados 30 minutos a 73 grados 50 minutos.

3.0 MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La Cuenca de Cesar-Ranchería se encuentra limitada por importantes fallas de rumbo; al norte por la Falla de Oca, con un movimiento relativo dextral, afectando la morfología del costado norte de la Sierra Nevada de Santa Marta y limitando con la subcuenca de la Baja Guajira. Hacia el sur oriente, la falla de rumbo noroccidente – sur oriente, de tipo sinextral, conocidas como falla de Bucaramanga Santa Marta, separa la cuenca del Cesar de las subcuencas de Plato – San Jorge. La expresión morfológica de estas fallas es clara y de extensión regional.

Al norte de la Falla de Oca, se desarrolla la subcuenca transtensiva de la Baja Guajira, permitiendo su hundimiento progresivo y el levantamiento de los bloques sur y norte (Perijá y Alta Guajira), durante el Mioceno y hasta el Cuaternario. Al norte de la Falla de Cuisa, se encuentra la Cuenca de la Alta Guajira, la cual posee su máxima expresión al norte de la Península de la Guajira dentro del Mar Caribe.

En la Alta y Baja Guajira siliclásticos y carbonatos son los principales reservorios. Adicionalmente basamento fracturado también pudiese ocurrir como se conoce en el adyacente Campo Mara en Venezuela. Las trampas principales pudiesen ser Neógenas generadas por la deformación de los emplazamientos de las Fallas de Oca y Cuisa. En adición trampas estructurales y acñamientos contra altos de basamento también serían potenciales yacimientos.

3.1 Estratigrafía

SECUENCIA PROTEROZOICO – ORDOVICICO

Esta secuencia constituye el basamento metamórfico de la región y aflora principalmente en forma de ventanas y xenolitos en las estribaciones orientales de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta compuesto a la base por gneises, micáceos, granulitas, mármoles y migmatitas conocidas como Granulita de Los Mangos (Tschanz et al., 1974).

Una unidad aparentemente más joven, compuesta por filitas y esquistos micáceos, denominada Formación Miraflores, se extiende hacia el noreste de la cuenca. Hacia el norte, en La Guajira, solamente se encuentran algunos afloramientos de granitos metamorfizados (Granito de Jojoncito) y gneises micáceos hasta anfibólicos (Formación Macuira). Estas rocas fueron afectadas por los eventos tectotermales de Grenville y Orinoquense. Afloramientos aislados de la Formación Macuira en la parte norte de la Guajira

SECUENCIA DEVONICO – CARBONIFERO

Durante este intervalo de tiempo, en los bordes de la actual Sierra Nevada de Santa Marta, fueron acumulados paquetes de areniscas y limolitas, grises verdosas, intercaladas con shales y arcillolitas grises amarillentas, bancos de calizas clásticas (boundstone), grawakas, conglomerados de cuarzo en matriz arenosa gris verdosos (Formación Tornadero). Hacia el nororiente, en la Serranía del Perijá, es notorio el desarrollo de calizas clásticas hasta areniscas calcáreas, margas, capas rojas, arcillas, capas de conglomerados y areniscas, conocidas como Formación Manaure (Forero, 1972).

Las formaciones Tornadero y Manaure varían lateralmente hacia el SE y W respectivamente a calizas clásticas (boundstone), cuarzoarenitas, conglomerados de cuarzo y metamórficos, denominadas como Grupo Chundua. Hacia el noreste, se observa una serie de calizas clásticas oscuras (boundstone), areniscas calcáreas, con estratificación en artesa, lodolitas arcillosas, verdosas y areniscas limosas blancas, conocidas como Formación Río Seco. No se han reportado rocas de esta edad hacia el norte en las cuencas de la Baja y Alta Guajira. Todas estas unidades se presentan en contacto discordante sobre las unidades del basamento metamórfico.

Paleoambientalmente es probable que las formaciones Tornadero y Manaure, sean el resultado de una acumulación ocurrida en ámbitos continentales a marinos someros (Fabre et al., 1984), circundando una cuenca somera rica en carbonatos, en la cual ocurrió la sedimentación del Grupo Chundua y la Formación Río Seco (**Figura A**).

SECUENCIA TRIASICO – JURASICO

Esta secuencia sedimentaria descansa discordantemente sobre las unidades sedimentarias del Paleozoico superior. En el sector de la Sierra Nevada de Santa Marta, la secuencia consta de capas de shale oscuro, cuarzoarenitas, calizas bioclasticas y conglomerados (fragmentos de granitos), denominadas como Formación Los Indios (Tschanz et al., 1974). Hacia el área de la Serranía de Perijá, se observa una variación a limolitas arenosas feldespáticas, niveles de keratofiros, espilitas, aglomerados, brechas y conglomerados, denominados como Formación Guatapuri, que hacia el norte por su carácter más volcánico se han denominado como Formación La Quinta, suprayacidos por una serie de arenitas y arcillolitas varicoloreadas con fragmentos del basamento ígneo metamórfico, denominada Formación Jordán (Forero, 1972), las cuales parecen extenderse al norte, hasta la alta Guajira,, formando capas de arenitas y arcillolitas (Formación Chaterlo).

Paleoambientalmente las cuencas de Cesar – Ranchería y Baja – Alta Guajira para este intervalo de tiempo, muestra ámbitos sedimentarios lacustres a fluvio lacustres con

influencia volcánica hacia el área de la actual Serranía del Perijá y hacia la Sierra Nevada de Santa Marta y deltaico hacia el norte.

SECUENCIA CRETACICO – EOCENO INFERIOR

A partir del Berriasiano, son características en la Serranía del Perijá, espesas unidades conglomeráticas que gradan al tope a areniscas, denominadas como Formación Río Negro, que descansan en forma discordante sobre las unidades de la secuencia Triásico-Jurásica. Sus espesores son extremadamente variables, por sectores superando los 1000 m. Hacia el sur occidente, esta formación se interdigita con las calizas de la Formación Rosablanca.

Desde el Barremiano y hasta el Cenomaniano, las unidades clásticas basales son cubiertas por una serie de margas marrones a grises, shales oscuros, cuarzoarenitas glauconíticas con estratificación en artesa, calizas clásticas marrón verdes, cuarzoarenitas blancas glauconíticas con estratificación en artesa y shales grises, denominados como formaciones Apón, Aguablanca, Aguardiente y Lagunita. Por su alto contenido de materia orgánica y las intercalaciones con unidades arenosas calcáreas, este intervalo estratigráfico presenta características de roca generadora y roca reservorio. Hacia las cuencas de la Baja y Alta Guajira, es más abundante la presencia de rocas calcáreas y menor el de siliciclásticas (formaciones Palanz, Yuruma y Maraca).

Un episodio de sedimentación regional, de shales oscuros a verde oscuro, calizas clásticas, shale y calizas clásticas oscuras, abundante formación de concreciones, y niveles de chert oscuro, ocurre a finales del Cenomaniano y Turoniano (máximo ascenso global del nivel del mar). Estratigráficamente estas unidades se han denominado en el área como formaciones La Luna y Capacho y parte parece interdigitarse con unidades carbonosas denominadas como formaciones Catatumbo y Colon hacia el noreste. En general, por el alto contenido de materia orgánica, estas unidades se constituyen en la principal roca generadora de la cuenca.

Finalmente, una serie de arcillolitas limosas grises, arenitas, mantos de carbón correspondientes a las formaciones Barco – Los Cuervos, cubre los sedimentos arcillosos y calcáreos de finales del Cretácico. Nuevamente, los altos contenidos de materia orgánica y los niveles de carbón de extensión regional, permiten considerar a estas unidades como rocas generadoras y reservorio de petróleo y gas.

Paleoambientalmente, la cuenca muestra una sedimentación inicial de tipo continental a costero deltaico a principios del Cretácico, gradualmente reemplazada a mediados de este periodo por una sedimentación de plataforma media, siliciclástica y calcárea, la cual durante el Turoniano fue inundada durante un proceso global de aumento del nivel del mar, proceso que finalizo en el Campaniano con el avance de sedimentos acumulados en ámbitos cada vez más deltaicos, y finalmente continentales aluviales – fluviales, provenientes del sur occidente (Cardozo y Gómez, 1980). En general, se puede deducir una sedimentación en una cuenca extensional pericratónica gradualmente colmatada durante el Mesozoico.

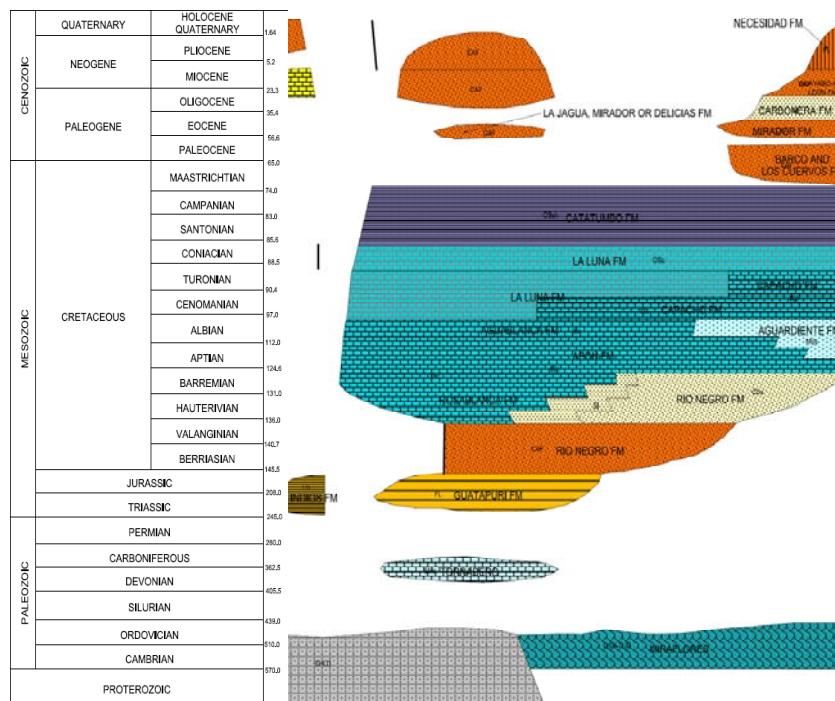


Figura A. Esquema de correlación crono estratigráfica de las unidades presentes en la cuenca del Cesar – Ranchería (Modificado de Lopez, 2005).

SECUENCIA EOCENO MEDIO – CUATERNARIO

A la base de la secuencia (Eoceno superior), se presenta una unidad de cuarzoarenitas conglomeráticas blancas feldespáticas denominadas como Formación Mirador, discordante sobre las unidades Meso – Cenozoicas. Esta unidad se constituye en reservorio de extensión regional en el norte de Suramérica, variando lateralmente a rocas calcáreas clásticas en la cuenca de la Alta Guajira (Formación Macario). Esta serie es cubierta por arcillolitas y cuarzoarenitas de grano fino a medio, con frecuentes bancos de carbón de edad Oligoceno inferior (Formación Carbonera), que parecen incluso llegar hasta la Alta Guajira. Algunos niveles arenosos basales son potenciales unidades almacenadoras de petróleo, mientras los segmentos arcillosos se presentan como excelentes sellos.

Una espesa capa de arcillolitas oscuras cubre los sedimentos arcillo arenosos de la Formación Carbonera, esta secuencia es conocida como Formación León, de edad Oligoceno superior y marca el inicio de una espesa serie de arenitas conglomeráticas hasta conglomerados, con espesores superiores a los 1000 m, conocidas como las formaciones Guayabo y Necesidad, de edades Mioceno hasta Pleistoceno. Hacia la Alta Guajira, niveles de calizas clásticas se desarrollan en forma de parches durante el Mioceno (formaciones Uitpa y Jimol).

Paleoambientalmente la cuenca muestra la transición de ámbitos de sedimentación de canales distributarios en un sistema deltaico a deltas de mareas y finalmente fluvial hasta abanicos continentales, dinámica sedimentaria controlada por el levantamiento de la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta , mientras hacia el norte parches de carbonatos clásticos se interdigital con unidades arenosas, controlados y aislados por el desarrollo de las fallas de Cuisa y Oca.

3.2 Geología Estructural

Regionalmente, la cuenca del Cesar – Ranchería, aparentemente hace parte de un sistema de cuencas transportadas tectónicamente o “Piggy Back Basin”, en el que los cinturones de cabalgamientos que controlan la extensión de la cuenca corresponden a la Sierra Nevada de Santa Marta al noroccidente y la Serranía de Perijá al sur oriente (**Fig. B**). Estos cinturones de cabalgamientos avanzan tectónicamente hacia el noroccidente (Kellog, 1984) en forma de cabalgamientos como la Falla del Cerrejón (Sistema de fallas de San Diego – Cuatro vientos). Bajo estas estructuras es posible encontrar pliegues asociados a fallas que afectan las secuencias sedimentarias Meso – Cenozoicas, formando estructuras potencialmente almacenadoras de hidrocarburos. En cuanto a la edad de estas fallas no existen datos precisos, sin embargo, teniendo en cuenta la evolución de la sedimentación de la cuenca, es posible plantear que estas fallas presentan su mayor actividad durante el intervalo Mioceno hasta el Holoceno, durante el levantamiento de la Serranía de Perijá.

Importantes fallas de rumbo controlan los límites norte y sur occidente de la cuenca del Cesar – Ranchería. La falla localizada al norte es conocida como la Falla de Oca, con un movimiento relativo dextral, afectando la morfología del costado norte de la Sierra Nevada de Santa Marta y limitando la cuenca de la Baja Guajira de la Cuenca de Ranchería. Hacia el sur oriente, un sistema de fallas de rumbo nor occidente – sur oriente, de tipo sinistral, conocidas como fallas de Bucaramanga y Santa Marta, separan la cuenca del Cesar de las cuencas de Plato – San Jorge. La expresión morfológica de estas fallas es clara y de extensión regional, controlando y desplazando numerosos cauces de ríos y quebradas en su recorrido. La edad de estas fallas es incierta, pero hoy día presentan evidencias de deformación importantes.

Gracias a un relevo estructural entre las fallas de rumbo dextral de Cuisa y Oca, una cuenca transtensiva se desarrolla en la Baja Guajira, permitiendo su hundimiento

progresivo y el levantamiento progresivo de los bloques sur y norte (Perijá y Alta Guajira), durante el Mioceno y hasta el Cuaternario (**Figura C**).

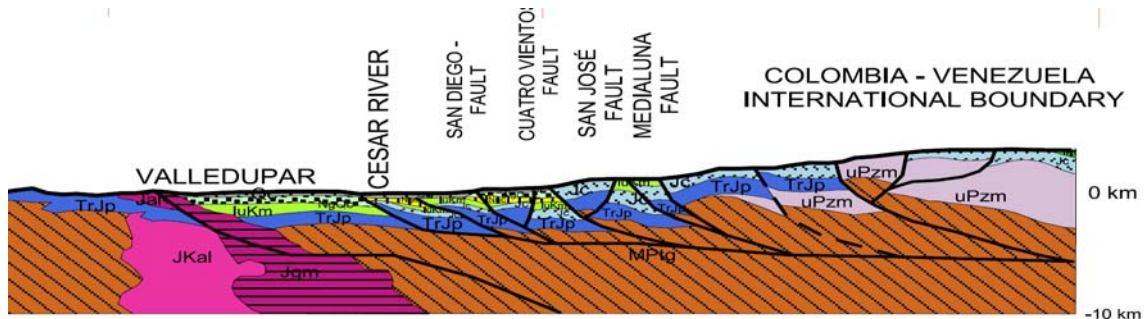


Figura B. Modelo estructural para la cuenca de Cesar – Ranchería. (Modificado de López y Barrero, 2003).

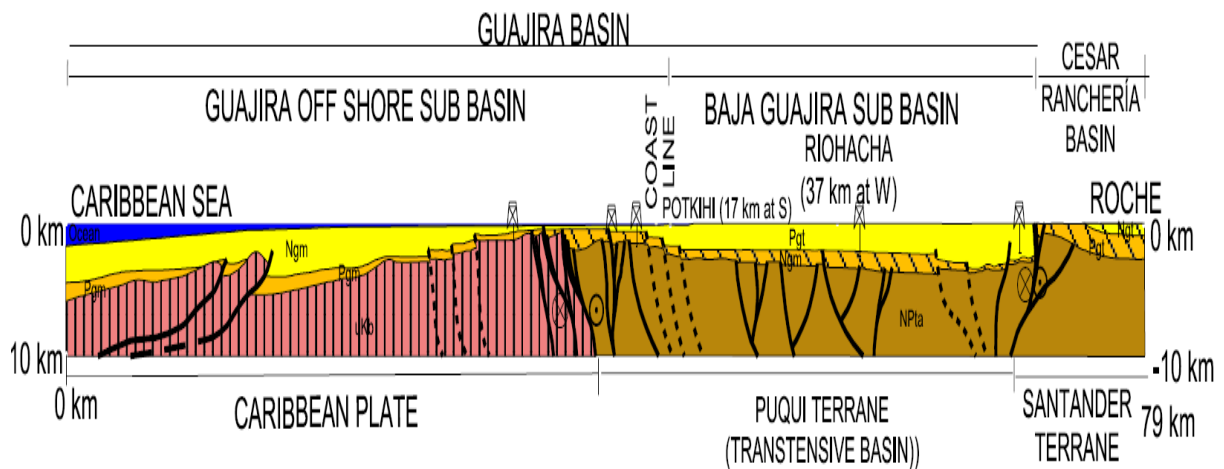


Figura C. Modelo estructural para la cuenca de la Baja y Alta Guajira. Sistema de cuenca transtensiva entre las fallas de Oca y Cuisa. (Modificado de López y Barrero, 2003).

3.3 Evolución Tectónica del área.

En las cuenca del Cesar – Ranchería y La Guajira, es posible identificar 5 eventos tectosecuenciales importantes, reflejo de procesos tectónicos de características distintivas. Un primer evento ocurrió a finales del Neoproterozoico y principios del Cambriano. Durante este tiempo, secuencias de rocas sedimentarias clásticas y calcáreas, se desarrollan en el norte de Colombia, para ser posteriormente sometidos a metamorfismo regional de alto a medio grado, gracias al desarrollo de las orogenias de Grenville y Orinoquense.

El área fue posteriormente emergida y erodada hasta mediados del Paleozoico superior, periodo en el cual, se inicia la formación de una cuenca extensional, en la que se desarrollan plataformas de carbonatos, deltas y ríos. A finales del Carbonífero, una nueva orogenia (Alleganiana), permite la deformación y erosión del área, dejando algunos remanentes de la secuencia sedimentaria acumulada previamente.

Durante el Triásico – Jurásico, una gran secuencia volcanosedimentaria se desarrolla en el área, acompañada de numerosas intrusiones de diferente magnitud. A principios del Cretácico, una nueva y espesa secuencia de rocas siliciclásticas y calcáreas cubren el área, gracias a la formación de cuencas sedimentarias a medida que ocurría la separación entre Norte América y Suramérica. Esta cuenca pericratónica extensional es gradualmente colmatada hasta finales del Cretácico gracias a los aportes continentales, carbonatos y unidades arcillosas acumuladas en periodos de trasgresión marina, que finalizan a principios del Eoceno.

Desde finales del Eoceno hasta el Cuaternario, la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta presentan las mayores tasas de levantamiento, mientras la cuenca del Cesar – Ranchería recibió los productos de la erosión de las cadenas montañosas. Durante este intervalo de tiempo, el relevo entre las fallas de Cuisa y Oca permite la configuración de la cuenca de la Baja Guajira y el levantamiento de la Alta Guajira y la Serranía de Perijá.

3.4 Geología del Petróleo.

Tres sistemas petrolíferos pueden identificarse en el área de la cuenca de Cesar – Ranchería. Un primer sistema corresponde a las rocas del Cretácico inferior, siendo la roca generadora la Formación Apón y la roca almacenadora las rocas de la Formación Aguardiente. Las trampas de este sistema son de tipo estructural, aunque no se pueden descartar trampas de tipo estratigráfico y por desarrollo de porosidad secundaria.

El segundo sistema petrolífero corresponde a las rocas del cretácico superior, siendo la roca generadora la Formación La Luna y las rocas reservorio los niveles de chert fracturado al interior de la misma formación o en niveles de areniscas de la Formación Catatumbo, la cual se constituye también como roca sello. Por sectores, la Formación Mirador puede estar cargándose a partir de la Formación La Luna, pues localmente reposa discordantemente sobre ella.

Un tercer sistema petrolífero corresponde a las rocas de principios del Cenozoico, siendo la roca generadora niveles dentro de las formaciones Barco y Los Cuervos, que cargan niveles arenosos de estas mismas formaciones y de la Formación Mirador. Algunos niveles a la base de la Formación Carbonera también han sido cargados de hidrocarburos. Las trampas son de tipo estructural con un fuerte control estratigráfico en la distribución de las porosidades.

En la cuenca de La Guajira, los sistemas petrolíferos son más restringidos, concentrándose en las rocas de la secuencia más reciente, las cuales solamente han generado gas y no han generado petróleo (Campos de Chuchupa y Ballenas).

4.0 INTERPRETACION DE LOS DATOS GRAVIMETRICOS y MAGNETICOS

Las anomalías gravimétricas y magnéticas son cambios en la aceleración de gravedad y de la intensidad magnética total (después que a las observaciones de campo se le aplican las correcciones respectivas por cambios de elevación, efectos topográficos y variaciones temporales), reflejan cambios en la densidad y susceptibilidad magnética de las rocas infrayacentes. Estas propiedades de las rocas se pueden emplear para obtener un modelo del subsuelo. Las anomalías gravimétricas y magnéticas son funciones de la distancia entre el detector y la fuente (cuerpo geológico que las produce). En exploración petrolera, las anomalías gravimétricas son producidas por las estructuras de las secuencias sedimentarias suprayacentes y/o discontinuidades laterales de densidad, producidas por contactos de megasecuencias en profundidad. Las anomalías magnéticas se asocian al basamento de las cuencas, formado generalmente por unidades ígneo-metamórficas. La gravimetría y

magnetometría proveen un amplio espectro de fuentes y es mediante una manipulación adecuada, donde se incluyen los conocimientos geológicos existentes, que estos datos potenciales pueden emplearse en forma exitosa en la búsqueda de hidrocarburos.

La interpretación de las anomalías gravimétricas y magnéticas se basa principalmente en el reconocimiento de su distribución y de su forma en el área de estudio. La distribución o carácter de un mapa potencial es un indicador poderoso de como las rocas y formaciones se distribuyen en el área ocupada por el levantamiento y provee información de los lineamientos y discontinuidades estructurales. Este tipo de interpretación se define como la interpretación cualitativa. La forma de las anomalías representadas tanto en planta como en perfiles, se emplea para determinar o definir la forma, posición y la magnitud de los contrastes de densidad y/o susceptibilidad magnética. En teoría, no es posible encontrar una solución única con los métodos potenciales, pueden existir geometrías distintas en el subsuelo que representen alguna anomalía en particular. En la práctica, introduciendo al modelo información geológica u otros controles geofísicos, y haciendo que las soluciones potenciales respeten estos controles, se arriba a soluciones más reales. Este tipo de interpretación se conoce como interpretación cuantitativa.

Las Cuencas de Cesar-Ranchería y La Guajira están rellenas principalmente de sedimentos Cenozoicos y en menor proporción de sedimentos Mesozoicos. Las Figuras A, B y C muestran respectivamente la Columna Estratigráfica y secciones geológicas representativas de dichas cuencas.

La estratigrafía muestra claramente que existen dos contrastes de densidad; el primero entre el basamento económico actualmente reconocido constituido por las unidades de la Formación La Quinta y el Grupo Cachiri con la Base del Cretácico constituida por los sedimentos de la Formación Río Negro en la Cuenca de Cesar Ranchería; y el segundo en la interfase Terciaria-Cretácica.

En el área de La Guajira, se pueden seguir estos mismos contrastes de densidad.

De acuerdo con la información consultada, los sedimentos Cuaternarios-Terciarios, predominantemente clásticos son de baja densidad (2.1 gr/cc a 2.4 gr/cc).

Estos sedimentos suprayacen las unidades Cretácicas de densidad promedio (2.45 gr/cc a 2.60 gr/cc). Las unidades Paleozoicas son de densidad promedio (2.60 gr/cc a 2.75 gr/cc). En base a estos valores, la Densidad de Bouguer que se empleó para transformar la Anomalía de Aire Libre en Anomalía de Bouguer fue de 2.50 gr/cc. Todos los mapas que se presentan en este informe se elaboraron con el sistema gráfico GEOSOFT y empleando mallas finales de 1000 metros.

4.1 Anomalía de Bouguer e Intensidad Magnética Total (IMT)

El levantamiento aerotransportado consistió en cuatro levantamientos distintos dependiendo de la altura a la que se tuvo que volar para evitar accidentes y alejarnos de las turbulencias asociadas a la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera de Perijá. Cesar-Ranchería se voló a una altura promedio de 1.500 m.s.n.m., La Guajira a 1.280 m.s.n.m. y sobre la Sierra Nevada de Santa Marta a 6.450 m.s.n.m. Las anomalías gravimétricas residuales producidas por las estructuras de interés petrolero son producidas por contrastes de densidad muy alejados del sitio de medición de la aceleración de gravedad, su atenuación por lo elevado de la altura de vuelo es prácticamente despreciable. En cambio no es así con la Intensidad Magnética Total. Estas anomalías son producidas por el basamento ígneo-metamórfico que aflora en gran parte del Piedemonte de la Cordillera de Perijá, en la casi totalidad de la Sierra Nevada de Santa Marta y en áreas locales de la Alta Guajira. Para cada levantamiento se generó una grilla o malla de 1.000 m x 1.000 m y empleando como base inicial la grilla del Cesar, las demás se fueron uniendo con el módulo “gridkinit” de Oasis Montaj.

Adicionalmente a la información gravimétrica aérea se extrajo de nuestra base de datos toda la información terrestre disponible, incluyendo datos terrestres de Venezuela. La **Figura 2**, muestra para una densidad de Bouguer de 2.40 gr/cc el Mapa de Anomalía de Bouguer empleando solamente los datos terrestres.

La **Figura 3** muestra el Mapa de Anomalía de Bouguer solamente de todos los levantamientos aerotransportados y la **Figura 4** corresponde a la unión de los

levantamientos aéreos con el terrestre. Todos los cálculos se procesaron empleando una densidad de Bouguer de 2.50 gr/cc.

Al comparar los mapas de Anomalía de Bouguer que se muestran en las **Figuras 2 y 3**, se aprecia con gran claridad la excelente contribución de los levantamientos aerotransportados; observándose como mejora el contenido de frecuencia (señal) al poseerse nueva información en aquellas zonas donde el cubrimiento terrestre era prácticamente nulo.

La Anomalía de Bouguer en las Cuencas de Cesar-Ranchería, La Guajira, el Bloque Alejo y sobre la Sierra Nevada de Santa Marta, deja ver claramente su estrecha relación con el contraste de densidad que existe entre las secuencias Terciarias y Cretácicas con el Basamento Pre-Cretácico Jurásico-Paleozoico. Este contraste de valor aproximado -0.20 Grs/cc es el elemento dominante en el mapa de Bouguer. Al unir los datos aéreos y terrestres se observan anomalías que demuestran la utilidad de la gravimetría para interpretaciones regionales: (i) Las cuencas sedimentarias señaladas quedan perfectamente definidas por las anomalías negativas existentes. (ii) La anomalía positiva de gran magnitud que domina la parte central del levantamiento, al sureste de la ciudad de Santa Marta, corresponde al complejo ígneo-metamórfico de la Sierra Nevada de Santa Marta. Es interesante notar que no se cumple la relación inversa entre las grandes alturas y los valores de Bouguer. Esta peculiaridad sugiere que el Macizo Completo de Santa Marta podría corresponder a un gigantesco bloque aloctono. (iii) La subcuenca de Ranchería (Bloque Alejo), se separa por un alto gravimétrico en los alrededores de Valledupar (Alto de Verdesía), de la subcuenca del Cesar. Ranchería se caracteriza por una estrecha anomalía negativa de orientación noreste. Tanto esta anomalía como la positiva descrita anteriormente, culminan en su parte norte con un intenso y estrecho gradiente Gravimétrico de rumbo este-oeste. Este gradiente define perfectamente la traza y ubicación de la Falla de Oca. (iv) El gradiente Gravimétrico de Bouguer que se observa en el mapa integrado aéreo-terrestre, de rumbo noroeste-sureste a lo largo del borde occidental de la anomalía positiva que define a la Sierra Nevada de Santa Marta, corresponde a la traza de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta. Este gradiente separa la subcuenca del Cesar de las subcuencas de Plato y San Jorge. (v) Todos los gradientes gravimétricos de Bouguer que rodean a las anomalías negativas que definen a las Cuencas de Cesar-Ranchería, La Guajira, así como también, pequeñas anomalías positivas de alta frecuencia dentro

de las zonas anómalas negativas constituyen los principales sitios para la exploración de hidrocarburos. Los primeros, son áreas donde pudiesen existir trampas estratigráficas y/o acuñamientos estructurales, y las segundas, son altos de basamento, que implican altos estructurales donde pueden estar presentes las unidades Cretácicas y Terciarias receptoras y también generadoras de hidrocarburos.

La **Figuras 5** muestra la Intensidad Magnética Total. La posición y forma de las anomalías magnéticas dependen no solo de las características físicas del cuerpo que las produce, sino de su orientación y posición dentro del campo geomagnético (asumiendo solamente magnetización inducida). En los polos, a altas latitudes magnéticas, las anomalías se localizan encima del cuerpo, pero a latitudes intermedias, las anomalías poseen máximo y mínimo y el cuerpo se localiza aproximadamente en el punto de inflexión. El campo geomagnético (I.G.R.F.) para la posición del estudio en referencia muestra una Inclinación Magnética de +29.0 grados al norte y una Declinación Magnética de -5 grados al oeste; por consiguiente, los máximos de las anomalías estarán desplazados respecto a la posición del cuerpo que las produce. Para restaurar la posición de las anomalías magnéticas en forma de que coincidan con las gravimétricas, siempre y cuando el magnetismo remanente sea despreciable, se aplica la reducción al POLO o al ECUADOR. En este caso, al estar a una inclinación magnética intermedia, se aplicó la Reducción al Polo y el resultado se muestra en las **Figura 6** (Intensidad Magnética Total Reducida al Polo, IMTRP).

El mapa de la IMTRP se correlaciona con la Anomalía de Bouguer, pero con un contenido de frecuencia mucho mayor, las anomalías positivas corresponden a las unidades ígneo-metamórficas de las rocas basamentales Jurásico-Paleozoicas y a las unidades ígneo-metamórficas de la Sierra Nevada de Santa Marta. Las zonas de baja frecuencia definen adecuadamente las cuencas sedimentarias señaladas. En la esquina sur-occidental de la subcuenca del Cesar, las anomalías magnéticas se orientan en sentido noroeste coincidiendo con el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Al norte de las anomalías positivas que delimitan la Sierra Nevada de Santa Marta, se observa como estas terminan abruptamente, coincidiendo con la traza de la Falla de Oca, sin embargo casi en el límite con Venezuela, inmediatamente al norte de la falla, se observan anomalías positivas similares en magnitud y longitud de onda a las que definen la Sierra Nevada. Es posible que estas anomalías correspondan a

unidades basamentales similares a los cuerpos ígneo-metamórficos de la Sierra Nevada que hayan sido desplazados destralmemente por la Falla de Oca.

4.2 Separación Anomalía Regional de Anomalía Residual

Todo intento de interpretar un mapa de campo potencial comienza con la determinación de qué parte de las frecuencias del campo observado puede ser ignorada para el objetivo de un estudio en particular ("**Anomalía Regional**") y cuál parte es significativa para el objetivo principal de la interpretación ("**Anomalía Residual**") Nettleton (1971).

Por otra parte, por estar orientada esta interpretación a la exploración petrolera, efectos de pequeñas longitudes de onda, que normalmente poseen gran amplitud y que generalmente son producidos por concentraciones anormales (intrusiones máficas, mineralizaciones, unidades volcánicas y anomalías culturales), tienen que ser removidos. Las anomalías residuales (gravimétricas y magnéticas) se obtienen de los Mapa de Anomalía de Bouguer (AB) e Intensidad Magnética Total Reducida al Polo (IMTRP), por sustracción de las tendencias regionales. El proceso de separación entre anomalías regional y residual consiste en filtrar de la señal inicial (AB e IMTRP), las señales de pequeña longitud de onda y eliminar los gradientes o valores de fondo de amplitud y longitud de onda mayor. Este proceso generalmente se efectúa por Suavizado a Mano, por Ajuste por Polinomios, por Análisis en Dominio del Espacio. (Derivadas y Continuación de campo), por Análisis Espectral (FFT, Continuación de Campo, Filtros de Pasa Banda, Derivadas y Filtros Direccionales) y por Separación con Control Geológico

Si revisamos la distribución de las observaciones gravimétricas en que se basa esta interpretación, podemos asumir que los procedimientos computarizados podrían reconocer caracteres estructurales cuya longitud de onda sea mayor que 2.0 o 4.0 Km. Sin embargo, en los mapas de AB e IMTRP se pueden observar anomalías que pueden ser producidas por estructuras y/o cuerpos menores que esta magnitud. Es posible que estas anomalías sean producidas por las rutinas de contorno del sistema gráfico empleado. Para los propósitos de este estudio, estos efectos no se consideran de importancia y pueden ser removidos por filtraje. Similarmente las anomalías de gran

longitud de onda, provenientes de fuentes muy profundas también deben ser removidas para los efectos de esta interpretación.

Al analizar los AB y IMTRP y comparar sus anomalías con el conocimiento geológico-estructural que se posee, se puede inferir que existe un componente de contrastes de densidad entre las unidades sedimentarias Cuaternarias-Terciarias contra las unidades Cretácicas y otro entre éstas y el basamento. Cualquier residual matemático siempre mostrará contribuciones de las unidades de mayor densidad (Formaciones Cretácicas y basamentales). Para poder estimar la contribución gravimétrica y magnética solamente de las secuencias Terciarias y Cretácicas, hay que efectuar **Separación Regional-Residual con Control Geológico**. En otras palabras, necesitamos obtener mapas residuales que no se encuentren afectados por efectos gravitacionales y/o magnéticos, provenientes de fuentes que se encuentren por debajo de la discontinuidad de densidad y susceptibilidad magnética señalada.

4.2.1 Residuos Gravimétricos Matemáticos. La malla empleada en la generación del mapa de Anomalía de Bouguer que se muestra en la **Figura 3**, fué la que se empleó en los procesos de Separación Regional-Residual que se describen a continuación. Las **Figuras 7 y 8** muestran respectivamente los residuos gravimétricos polinómico de la superficie de tendencia regional de grado 3 y el residuo al aplicar la primera Derivada Vertical. Ambos residuos matemáticos señalados, en general muestran resultados similares. Solo que los contenidos de frecuencia son diferentes. El residuo Polinómico muestra contribuciones más profundas y la derivada efectos más someros; sin embargo, las correlaciones descritas entre la Anomalía de Bouguer y caracteres geológicos conocidos en la zona de estudio se mantienen. Es necesario señalar las anomalías positivas de alta frecuencia en la primera derivada, que están presentes dentro de las anomalías negativas que definen las cuencas, estas anomalías positivas pueden corresponder a altos estructurales del basamento que pudiesen originar estructuras de interés exploratorio en las secuencias Cretácicas y Terciarias suprayacentes.

4.2.2 Residuos Magnéticos Matemáticos. La malla empleada en la generación del mapa de IMTRP, se empleó para generar los residuos magnéticos de la

superficie polinómica de Grado 3 y de la primera Derivada Vertical (**Figuras 9 y 10**). Las altas frecuencias de la IMTRP detallan mucho mejor la presencia de las unidades ígneo-metamórficas del basamento Precretácico. Hay que hacer notar como las anomalías positivas de alta frecuencia terminan abruptamente al norte de la Falla de Oca, sin embargo en el extremo oriental de la misma, la continuación de estas anomalías al norte de la falla, sugieren que el desplazamiento dextral de la falla traslado unidades similares a las aflorantes en la Sierra Nevada de Santa Marta y constituyen el basamento oriental de la subcuenca de la Baja Guajira.

4.2.3 Mapas de Anomalía Regional y Anomalía Residual Controlado. En este proyecto, el interés principal de la ANH se concentra en interpretar las estructuras y caracteres geológicos que existan por encima del tope Pre-Cretácico. Por este motivo el Tope Estructural de esta unidad constituyó el objetivo primario de esta interpretación. Adicionalmente por existir un importante contraste de densidad en la interfase Terciaria-Cretácica, también el tope estructural de la base del Terciario constituyó otro de los objetivos de esta interpretación. Por consiguiente, debemos obtener y aislar solamente la respuesta gravimétrica de las masas que existan, a partir de estos topos estructurales hasta la superficie actual del nivel del mar. Las superficies regionales deben construirse a partir de puntos de control donde la profundidad a estas interfases se conoce de otras fuentes (pozos, interpretación sísmica y mapas de geología de superficie). CARSON Helicopters Inc. (Aerogravity División) ha desarrollado un procedimiento computacional el cual, a partir de los puntos de control, calcula un residual aproximado, mediante la aplicación de la ecuación de la atracción gravitacional de prismas verticales. Al conocerse también el valor de la Anomalía de Bouguer en cada punto de control, es muy fácil, por simple resta, estimar el valor de la componente regional en cada localización. Con los valores de este regional controlado, se construye la superficie regional final, que al restársela a la Anomalía de Bouguer Observada nos da el Mapa de Anomalía Residual Controlado.

Las **Figuras 11 y 12** representan respectivamente, el MAPA DE ANOMALIA REGIONAL y ANOMALIA RESIDUAL CONTROLADOS *en minúscula* del basamento referido a la altura de 1500 m sobre el NMM. La

Figura 13 muestra la inversión 3D del Residuo Controlado que al restársele la altura de vuelo, representa el Tope del Pre-Cretácico referido al NMM; y por último, la **Figura 14** presenta la INTERPRETACION ESTRUCTURAL del tope Pre-Cretácico. Para interpretar cuantitativamente la base del Terciario, se toma como Anomalía de Bouguer el residuo controlado del basamento y se repite el procedimiento. Las **Figuras 15 y 16** muestran respectivamente, el MAPA DE ANOMALIA REGIONAL y RESIDUAL CONTROLADOS de la base del Terciario referidos a la altura de 1.500 m sobre el NMM. La **Figura 17** muestra la inversión 3D de este nuevo Residuo Controlado que al restársele la altura de vuelo, representa el Tope de la base del Terciario referido al NMM; y por ultimo, la **Figura 18** muestra la INTERPRETACION ESTRUCTURAL de la base del Terciario.

4.3 Mapas de Interpretación Estructural

4.3.1 Interpretación Estructural Tope de la Base del Cretáceo y Base del Terciario.

Estos mapas se presentan en las **Figuras 14 y 18**. En estos mapas se aprecia la complejidad estructural en las bases del Cretácico y del Terciario. Detallan no solo donde ocurren los mayores espesores de las secuencias sedimentarias existentes, sino la interpretación de las principales fallas y otros caracteres estructurales.

Es conveniente hacer notar que cuando se obtuvo el Regional Controlado para la base del Cretácico, se seleccionaron Puntos de Control de afloramientos empleando el mapa geológico de superficie aportado por la ANH; sin embargo si existen evidencias de sísmica 2D reciente de que algunos de estos afloramientos pudiesen ser alóctonos, y por consiguiente que existan secuencias Terciarias y Cretácicas por debajo de los mismos, estando el verdadero basamento autóctono a mucho mayor profundidad, la interpretación en estas zonas cambiaría notablemente. Si esta información existe, habría que repetirse el proceso de separación de anomalía regional-residual controlado y repetir la inversión gravimétrica 3D para obtener el nuevo tope estructural del basamento verdadero.

La interpretación controlada define con gran claridad las Cuencas de Cesar, Ranchería y La Guajira. Puede concluirse que la Falla de Oca separa claramente el macizo de Santa Marta y la Cuenca de Ranchería de la Cuenca de la Guajira. La concentración del gradiente de contornos estructurales de orientación este-oeste permite proponer que la Falla de Oca es un sistema de fallas de ángulo fuerte con una componente resultante dextral.

Dentro de la Baja Guajira se detectaron altos estructurales al norte y noreste de la población de Rioacha. Estos altos de basamento han producido distintos tipos de entrapamiento y en casi todos ellos se han perforado pozos exploratorios (Dorado-1, Almeja-1, Chuchupa-1, Pavón-1, Tiburón-1, Ballena-1, Rioacha-1, Almirante-1, Tunka-1, y Aruchara-1). Esta actividad exploratoria culminó con los descubrimientos de los campos Ballena y Chuchupa. Como resultado de esta interpretación, al suroeste del pozo Manaure-1, se detectó un alto de basamento que amerita detalle sísmico y perforación exploratoria. Similarmente, a pesar de que el levantamiento por razones logísticas no llegó hasta el límite con Venezuela, al sureste del pozo Maicao-1 y noreste de los pozos Saure-1 y Gaitapa-1, se observa un alto de basamento que también amerita estudios adicionales.

En la Alta Guajira, al oeste de los pozos Guajira-1 y Cosinetas-1 se detectó una subcuenca donde se estiman espesores de sedimentos predominantemente Terciarios superiores a los 2000 m de espesor. Sísmica 2D permitiría definir esta subcuenca y sus posibilidades con mayor resolución. Al norte del pozo Jarara-1 y oeste de los pozos Chimare2-1 y Puerto Estrella-1, en pleno mar Caribe, se detectó una subcuenca de gran extensión donde el espesor de sedimentos Terciarios y Cretácicos supera los 6500 m. Lamentablemente esta subcuenca se encuentra en el límite norte del levantamiento aerogeofísico, se recomienda extender longitudinalmente y transversalmente la adquisición gravimétrica y/o sísmica marina para delimitar este descubrimiento y definir sus posibilidades de entrapamiento de hidrocarburos.

La cuenca de Ranchería se caracteriza por su estrechez entre La Sierra Nevada de Santa Marta al oeste y la Sierra de Perijá al este. Posee extensión

longitudinal en sentido noreste, pero los espesores máximos de secuencias Terciarias y Cretácicas solo alcanzan valores del orden de los 2.000 m a 2.500 m de espesor. Relativamente pequeños altos estructurales se observan al norte del pozo Molinos-1. Se considera que las mejores posibilidades estarían asociadas con acuñamientos estructurales en los flancos contra Perijá y Santa Marta.

La subcuenca del Cesar presenta la mayor extensión y espesor de sedimentos Terciarios y Cretácicos, que sobrepasan, hacia el extremo sur-occidental del área volada, los 6.500 m. En el extremo sur-oriental se observan altos de basamento de rumbo aproximado nor-noreste; estos altos estructurales, cubiertos por secuencias prácticamente molásicas, pueden también corresponder a extensiones norte del macizo de Santander, el cual aflora al sur de la Cuenca del Cesar. Los pozos Cesar-H-1X Compae-1, Los Venados-1, Río Maracas-1 y Cesar-F-1X se encuentran ubicados sobre altos de basamento. En estos altos de basamento podrían existir entrapamiento de hidrocarburos y constituyen las áreas más prospectivas detectadas en este estudio.

Los mapas estructurales confirman que las secuencias Mesozoicas se encuentran más desarrolladas del La subcuenca del Cesar y van disminuyendo de espesor hacia el norte en la subcuenca de Ranchería. Al norte de la Falla de Oca en las subcuencas de la Baja y Alta Guajira las secuencias Cretácicas poseen espesores menores y posiblemente se localizan solamente en áreas limitadas.

4.3.2 Isópacos de Sedimentos Cuaternarios –Terciarios y de Sedimentos Cretácicos.

Estos isopacos se obtuvieron por simple resta de las mallas finales correspondientes al relieve topográfico y la base del Terciario, y de la base del Terciario menos la base del Cretáceo. Se presentan respectivamente en las **Figuras 19 y 20**. Es interesante como se confirma que las secuencias Cretácicas se concentran en la Cuenca del Cesar - Ranchería, estando prácticamente reducidas a pequeñas concentraciones en las subcuencas de la Baja y Alta Guajira. Todo lo contrario se observa en el Isópaco de las secuencias

Cuaternarias y Terciarias, notándose su mayor concentración en la Cuenca de La Guajira en especial a lo largo de su proximidad al Mar Caribe. En la subcuenca del Cesar las secuencias Cuaternarias y Terciarias aumentan de espesor hacia la porción sur-occidental del levantamiento en dirección a las subcuencas de Plato y San Jorge.

4.4 Resultados de la Magnetometría

Las estimaciones de profundidades magnéticas asumen que, en general las anomalías provienen de basamentos ígneo-metamórficos y que las secuencias sedimentarias son magnéticamente despreciables. También las profundidades dependen de los gradientes, inflexiones y picos de las anomalías sin considerar los caracteres físicos del cuerpo que las produce. La **Figura 26 y 27** muestran las soluciones de la Deconvolución de Euler para los Índices Estructurales 0 (Contacto Magnético) y 1 (Dique Magnético). En estos mapas, se observa claramente la tendencia de soluciones (comprendidas entre 2.000 m a 6.000 m lo largo de los gradientes que definen las principales zonas de falla interpretadas de los resultados gravimétricos y coincidiendo con los altos de basamento pre Cretácicos interpretados. Las mayores profundidades se concentran en el extremo occidental de las cuencas del Cesar y la Baja Guajira coincidiendo con los resultados de la inversión gravimétrica.

4.5 Residual Isostático (Modelo de Airy)

Para la determinación tanto del Residual Isostático, como de los espesores de la Corteza Terrestre se empleó el modelo de Airy-Heiskanen. Este método calcula el Residual Isostático a partir de las mallas topográficas existentes, asume una profundidad de compensación debajo de las áreas marinas de 30Km y se emplearon densidades de 3.1 Grs/cc, 1.03 Grs/cc y 2.67 Grs/cc para el Manto, Aguas Marinas y Corteza terrestre. Las **Figuras 28 y 29** muestran respectivamente el Residual Isostático y los espesores de la Corteza Terrestre en la zona del estudio. Obsérvese como el Residual Isostático define claramente los rasgos geológicos estructurales señalados en los capítulos anteriores. Sin embargo hay que destacar la profundidad del Moho, superior a los 65Km debajo de la Sierra Nevada de Santa Marta. Cabe preguntarse si la Sierra Nevada de Santa Marta un gigantesco Bloque Alóctono o forma parte del Manto Terrestre Autóctono?.

4.6 Modelaje Gravimétrico–Magnético

Para realizar el modelaje directo cuantitativo, se extrajeron, a lo largo de transectas seleccionadas por la ANH, perfiles del Residuo Controlado de laAB, del tope del Basamento Precretácico y de IMTRP. También se elaboró un modelo geológico inicial, que incluyó los resultados de las inversiones gravimétricas descritas anteriormente, el resumen de la geología regional y la interpretación estructural. Todos estos archivos constituyen la entrada de datos para el programa GM-SYS. La ubicación de los modelos que se presentan en este estudio se indica claramente en el mapa de interpretación estructural. El GM-SYS utiliza básicamente el método desarrollado por M. Talwani (1964). El procedimiento consiste en comparar la atracción gravitacional y/o magnética de un grupo de láminas poligonales que simulan la sección geológica inicial con su respectiva anomalía residual. El programa posee rutinas de modelaje directo e inverso que permiten una interpretación en tiempo real, visible en monitor a color de alta resolución. Las densidades iniciales empleadas fueron 2.7Grs/cc y 2.20 Grs/cc a 2.65 Grs/cc para el basamento y las secuencias sedimentarias Cuaternarias-Terciarias-Cretácicas respectivamente. El modelo es mejorado sucesivamente, añadiendo o modificando los elementos estructurales (fallas, contactos, etc.), y ajustando los contrastes de densidad; así como, los espesores de las capas, hasta que las anomalías observada y calculada se asemejen adecuadamente. Los modelos que se interpretaron, se presentan en las **Figuras 18 a 22**.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez analizados los resultados que se presentan en los capítulos anteriores, se considera que esta interpretación cumple con los objetivos propuestos, habiéndose podido definir y concretar los siguientes aspectos:

Se presentan los mapas de interpretación estructural, de las bases del Cretácico (basamento pre Cretácico) y del Terciario, donde se muestran los altos y bajos estructurales, fallas, tendencias y otros elementos de interés en la exploración de

hidrocarburos. La interpretación controlada define con gran claridad las subcuencas del Cesar, de Ranchería, las subcuencas de Baja Guajira y Alta Guajira. La concentración del gradiente de contornos estructurales de orientación este-oeste permite proponer que la Falla de Oca es un sistema de fallas de ángulo fuerte con una componente resultante dextral.

Dentro de la Baja Guajira se detectaron altos estructurales al norte y noreste de la población de Riohacha. Estos altos estructurales han producido distintos tipos de entrapamiento y en casi todos ellos se han perforado pozos exploratorios (Dorado-1, Almeja-1, Chuchupa-1, Pavón-1, Tiburón-1, Ballena-1, Rioacha-1, Almirante-1, Tunka-1, y Aruchara-1). Esta actividad exploratoria culminó con los descubrimientos de los campos Ballena y Chuchupa. Como resultado de esta interpretación, al suroeste del pozo Manaure-1, se detectó un alto de basamento que amerita detalle sísmico y perforación exploratoria. Similarmente, a pesar de que el levantamiento por razones logísticas no llegó hasta el límite con Venezuela, al sureste del pozo Maicao-1 y noreste de los pozos Saure-1 y Guaitapa-1, se observa un alto de basamento que también amerita estudios adicionales.

En la Alta Guajira, al oeste de los pozos Guajira-1 y Cosinetas-1 se observa la subcuenca de Cosinetas donde se estiman espesores de sedimentos predominantemente Terciarios superiores a los 2.000 m. Sísmica 2D permitiría definir esta subcuenca y sus posibilidades con mayor resolución. Al norte del pozo Jarara-1 y oeste de los pozos Chimare2-1 y Puerto Estrella-1, en pleno mar Caribe, se detectó una subcuenca de gran extensión donde el espesor de sedimentos predominantemente Terciarios y posiblemente Cretácicos supera los 6.500 m.

La subcuenca de Ranchería se caracteriza por su estrechez entre la Sierra Nevada de Santa Marta al oeste y la serranía de Perijá al este. Posee extensión longitudinal en sentido noreste, pero los espesores máximos de secuencias Terciarias y Cretácicas solo alcanzan valores del orden de los 2.000 m a 2.500 m de espesor. Relativamente pequeños altos estructurales se observan al norte del pozo Molinos-1. Se considera que las mejores posibilidades estarían asociadas con acuñaamientos estructurales en los flancos contra Perijá y Santa Marta.

La subcuenca del Cesar presenta la mayor extensión y espesor de sedimentos Terciarios y Cretácicos, que sobrepasan, hacia el extremo sur-occidental del área volada, los 6.500 m. En el extremo sur-oriental se observan altos de basamento de rumbo aproximado nor-noreste; estos altos estructurales, cubiertos por secuencias prácticamente molásicas, pueden también corresponder a extensiones norte del macizo de Santander, el cual aflora al sur de la Cuenca del Cesar. Los pozos Cesar-H-1X Compae-1, Los Venados-1, Río Maracas-1 y Cesar-F-1X se encuentran ubicados sobre altos de basamento. En estos altos de basamentos podrían existir entrapamiento de hidrocarburos y constituyen las áreas más prospectivas detectadas en este estudio.

Los mapas estructurales confirman que las secuencias Mesozoicas se encuentran más desarrolladas del la subcuenca del Cesar y van disminuyendo de espesor hacia el norte en la subcuenca de Ranchería. Al norte de la Falla de Oca en las subcuencas de la Baja y Alta Guajira, las secuencias Cretácicas poseen espesores menores y posiblemente se localizan solamente en áreas limitadas.

Se definen las fuentes y extensiones de las estructuras que producen las anomalías gravimétricas.

El modelaje gravimétrico-magnético, sustenta que las fallas de Bucaramanga, Oca y Cuisa son en realidad un sistema de fallas contiguas de ángulo relativamente alto. Sin embargo acuñaientos y trampas estructurales contra estas fallas son estructuras de interés exploratorio especialmente en la subcuenca de la Baja Guajira.

RECOMENDACIONES

El cubrimiento gravimétrico-magnético es adecuado para el tamaño del área estudiada. Este estudio demuestra que las estructuras y el contraste de densidad y susceptibilidad magnética que existe en la base del Cretácico y del Terciario en las subcuencas de Cesar - Ranchería, Alta y Baja Guajira producen anomalías GRAVIMETRICAS y MAGNETICAS RESIDUALES entre -1 a -20 Miligales; y -20 a 100 nT. respectivamente; por consiguiente, cada vez que se

posean nuevos controles de espesores de secuencias y topes de estas discontinuidades geológicas, esta interpretación debe repetirse para incluir actualizaciones en los modelos.

Los principales altos de basamento y áreas donde se detectaron los mayores espesores de las secuencias Cuaternarias-Terciarias y Cretácicas, ameritan un estudio sísmico 2D y geoquímica de superficie.

REFERENCIAS

- Cardozo, L. y Gómez, C.A., 1980. Geología del depósito de carbón El Cerrejón en el sector de Sarahita - Guajira. Pags. 118, Figs. 16. U.N. Bogotá.
Tesis N° 45. Bogotá.
- Fabre, A., Osorio, M., Vargas, R., et.al., 1984. Mapa geológico preliminar de la plancha 153, Chita. Escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.
- Forero, A., 1972. Estratigrafía del Pre-Cretaceo en el flanco occidental de la Sierra del Perijá. Pags. 7-77, Figs. 28, Lams. 4. Geología Colombiana N° 7. Bogotá.
- KELLOG, J., 1984. Cenozoic tectonic history of the Sierra de Perijá, Venezuela - Colombia, and adjacent basins. GSA memoir 162, p. 239 - 261
- López, E. y Barrero, D., 2003. Transectas geológicas de la corteza superior de Colombia. Memorias del VIII Simposio de Exploración de Cuencas Subandinas, Volumen 2 pp 279 - 289
- López, E., 2005. Cronostratigraphic correlation chart of Colombia. INGEOMINAS. Internal report. 46 p. 12 cronostratigraphic correlation charts (scale 1:1'000.000). Bogotá.
- Tschanz, C. et.al., 1974. Geologic evolution of Sierra Nevada de Santa Marta. North Eastern Colombia. Pags. 273-284, Figs. 2, Tabs. 2. Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 85. New York.
- Barrero D., 1979. Geology of the Central Western Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia. Special Geologic Publications of INGEOMINAS. No 4. P 1-75
- Duque - Caro, H., 1984. Structural style, diapirism, and accretionary episodes of the Sinú - San Jacinto terrane, southwestern Caribbean borderland, in Bonini, y otros (edt.), The Caribbean - South American Plate Boundary and Regional Tectonics. GSA Memoir 162, p. 303 - 316.
- INGEOMINAS, 1996. Atlas Geológico Digital de Colombia, escala 1:500.000. Disponible en: ww.ingeominas.gov.co/descargas/mapas 1:500.000
- Graterol V., 2006 . Informes Finales de Interpretación de las AREAS de YARI-CAGUAN y Río CAUCA
- Graterol V., 2005 . Basic Principles of the Gravity and Magnetic Exploration Methods
- Heiskanen W. et al, 1967. Physical Geodesy, San Francisco W.H. Freeman, 364p
- Ladd, J. W., Truchan, M., Talwani, et. al., 1984. Seismic reflection profiles across southern margin of the Caribbean. In Geological Society of América, Memoir 162, pp 153 - 159. Boulder, Colorado, EUA. and Kellog, J., N., 1984. In Geological Society of América, Memoir 162, pp 153 - 159. Boulder, Colorado, EUA.
- López, E. y Barrero, D., 2003. Transectas geológicas de la corteza superior de Colombia. Memorias del VIII Simposio de Exploración de Cuencas Subandinas, Volumen 2 pp 279 - 289.

Martínez, I. y López, E., 2005. El sistema fluvial del Magdalena durante el Plioceno - Cuaternario> Contexto tectónico y escenario Paleo climático. In: Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental, p. 99 - 109.

Maya M.1992. Catálogo de dataciones isotópicas en Colombia. Boletín Geológico Ingeominas 32(1-3):127-187.

Moreno - Sanchez M y Pardo - Trujillo A, 2003. Stratigraphical and sedimentological constrains on Western Colombia: Implications on the Evolution of the Caribbean Plate. In Bartolini C., Buffle, R. and Blickwede (eds), The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics,AAPG Memoir N° 79, Chapter 40.

Nivia A., 1996. El complejo estructural Dagua, registro de deformación de la Provincia Litosférica Oceánica Cretácica Occidental. Memorias VII Congreso Colombiano de Geología, Tomo III, páginas 108 - 123.

Ordoñez, O., Y Pimentel, M., 2001. Rb - Sr and Sm - Nd isotopic study in yhe Puquí Complex, Colombian Andes. Journal of South America Earth Sciences, V. 15, p. 173 - 182.

ANH Mapa Geológico de Colombia. Ariana Ltd. (2004) Diaz L. y Ramos B.

ANEXO "A "

PUNTOS DE CONTROL Base del Cretácico

```

/-----/
/ XYZ EXPORT [09/02/2007]
/ DATABASE [.\BASTOPJuCON.gdb]
/-----/
/
/ X Y PUNTO ALTURANASA BOUG250 BASTOPEJu REGJu RESDJu BASCrInvFINAL
/=====
/
//Flight 0
//Date 2007/08/05
Random 0
1033788.00 1523734.00 BAS6 58.26 -20.70 0.00 -11.64 -9.12 56.91
1021495.00 1598027.00 BAS7 98.74 -2.90 0.00 5.91 -8.97 96.65
1012833.00 1623752.00 BAS8 199.64 -2.35 0.00 5.82 -8.00 199.92
1004288.00 1640239.00 BAS9 166.03 1.01 0.00 9.39 -8.04 166.87
1002643.00 1662882.00 BAS10 243.00 60.97 0.00 68.87 -7.51 246.00
994332.00 1671652.00 BAS11 71.26 56.11 0.00 65.09 -9.26 67.36
991056.00 1698623.00 BAS12 20.92 110.63 0.00 119.93 -9.47 21.06
1001357.00 1713941.00 BAS13 1455.00 143.75 0.00 144.03 -0.16 1456.00
1011552.00 1729566.00 BAS14 1433.49 146.44 0.00 146.86 -0.48 1432.54
1029579.00 1734828.00 BAS15 83.77 132.33 0.00 141.23 -8.76 85.14
1057905.00 1734711.00 BAS16 60.00 86.30 0.00 95.35 -9.82 55.32
1096065.00 1734243.00 BAS17 20.96 32.74 0.00 42.04 -9.52 20.43
1117102.00 1731617.00 BAS18 159.38 6.15 0.00 14.58 -9.96 141.09
1124008.00 1722380.00 BAS19 152.31 22.05 0.00 30.52 -8.52 154.86
1142477.00 1728604.00 BAS20 86.27 -5.76 0.00 3.13 -9.26 68.87
1155691.00 1729906.00 BAS21 87.59 -20.88 0.00 -12.00 -9.30 82.68
1137359.00 1722934.00 BAS22 298.92 5.83 0.00 13.38 -7.46 302.83
1125727.00 1711314.00 BAS23 914.64 29.14 0.00 32.82 -4.25 909.72
1118646.00 1692336.00 BAS24 468.32 38.24 0.00 44.72 -6.82 468.61
1106176.00 1690848.00 BAS25 451.13 58.96 0.00 65.55 -6.75 448.06
1102640.00 1676905.00 BAS26 381.22 52.69 0.00 59.72 -7.44 372.33
1116133.00 1677462.00 BAS27 199.55 30.23 0.00 38.40 -9.20 165.46
1103080.00 1671621.00 BAS28 442.35 49.99 0.00 56.64 -6.44 446.14
1103080.00 1662883.00 BAS29 157.13 38.81 0.00 47.25 -8.48 156.95
1089866.00 1666044.00 BAS30 383.40 64.67 0.00 71.69 -7.08 383.21
1089401.00 1653122.00 BAS31 226.98 56.24 0.00 64.24 -7.89 228.21
1075163.00 1642060.00 BAS32 386.08 62.36 0.00 69.36 -7.14 385.64
1072053.00 1630927.00 BAS33 149.31 58.55 0.00 67.04 -8.50 149.45
1065260.00 1624140.00 BAS34 328.11 61.07 0.00 68.44 -7.38 326.81
1049533.00 1618470.00 BAS35 134.79 61.71 0.00 70.29 -8.31 135.40
1039762.00 1614659.00 BAS36 198.76 50.52 0.00 58.70 -7.81 200.00
1048044.00 1609174.00 BAS37 152.58 50.59 0.00 59.06 -8.39 151.81
1023105.00 1603039.00 BAS38 116.71 5.75 0.00 14.44 -8.65 117.55
1073194.00 1598636.00 BAS39 69.97 42.61 0.00 51.60 -8.76 71.51
1078033.00 1601983.00 BAS40 100.18 43.97 0.00 52.77 -8.78 100.01
1080732.00 1606538.00 BAS41 90.28 45.68 0.00 54.54 -8.82 90.70

```

1089684.00	1619603.00	BAS42	99.91	48.20	0.00	57.00	-9.12	94.98
1106527.00	1636800.00	BAS43	458.94	35.49	0.00	42.03	-6.50	455.77
1100758.00	1638567.00	BAS44	185.97	34.93	0.00	43.19	-8.79	179.08
1102991.00	1644981.00	BAS45	150.13	32.17	0.00	40.65	-8.51	150.27
1113988.00	1654494.00	BAS46	350.01	20.81	0.00	28.04	-7.53	347.33
1171440.00	1711862.00	BAS47	879.70	-6.51	0.00	-2.61	-3.64	884.01
1163902.00	1716696.00	BAS48	159.21	-14.51	0.00	-6.08	-9.09	150.82
1147896.00	1703124.00	BAS49	173.04	-7.08	0.00	1.26	-8.86	171.76
1144639.00	1698383.00	BAS50	215.40	-3.84	0.00	4.23	-8.67	214.98
1141568.00	1683510.00	BAS51	285.36	1.21	0.00	8.84	-8.29	286.78
1131199.00	1670156.00	BAS52	634.92	7.67	0.00	13.11	-5.88	631.01
1120963.00	1655655.00	BAS53	1036.07	19.03	0.00	21.95	-3.28	1032.45
1114437.00	1645738.00	BAS54	695.47	29.87	0.00	34.93	-4.74	697.00
1109410.00	1635781.00	BAS55	588.68	36.56	0.00	42.29	-4.91	608.07
1102151.00	1627507.00	BAS56	353.81	37.31	0.00	44.51	-7.32	353.51
1096288.00	1614121.00	BAS57	160.84	46.96	0.00	55.38	-8.27	162.03
1096101.00	1597241.00	BAS58	452.73	26.70	0.00	33.28	-6.59	453.03
1099451.00	1577812.00	BAS59	463.36	3.55	0.00	10.07	-6.54	463.67
1115550.00	1589246.00	BAS60	2122.17	8.39	0.00	4.48	3.72	2121.01
1113410.00	1598914.00	BAS61	1897.03	17.54	0.00	15.04	2.46	1897.69
1125879.00	1612207.00	BAS62	2965.08	19.16	0.00	9.95	8.96	2964.42
1128307.00	1629332.00	BAS63	3007.22	23.60	0.00	14.13	9.26	3005.83
1123520.00	1581779.00	BAS64	1809.78	-7.80	0.00	-9.75	1.70	1807.89
1108473.00	1561214.00	BAS65	906.96	-4.05	0.00	-0.32	-3.02	913.99
1104008.00	1554772.00	BAS66	795.97	-6.69	0.00	-2.27	-4.64	811.34
1050000.00	1685000.00	BAS67	4280.59	174.54	0.00	157.06	17.48	4280.60
1079683.00	1534649.00	BAS68	251.09	-2.23	0.00	5.62	-7.88	251.65
1071167.00	1521848.00	BAS69	352.25	-0.14	0.00	7.07	-7.14	348.14
1060150.00	1515098.00	BAS70	195.97	-6.26	0.00	1.94	-8.43	195.15
1065855.00	1496267.00	BAS71	248.75	-1.24	0.00	6.62	-7.84	247.75
1060233.00	1491229.00	BAS72	202.66	-3.90	0.00	4.25	-8.18	202.79
1048823.00	1508986.00	BAS73	34.06	-0.00	0.00	9.21	-9.01	34.50
1043367.00	1488421.00	BAS74	58.68	-13.29	0.00	-4.23	-9.10	58.50
1111870.00	1490454.00	BAS82	220.08	-29.13	0.00	-21.09	-8.11	220.24
1116843.00	1496185.00	BAS83	157.87	-33.59	0.00	-25.15	-8.19	161.56
1115190.00	1508821.00	BAS84	546.70	-33.13	0.00	-27.14	-6.10	546.17
1113619.00	1519971.00	BAS85	124.21	-31.38	0.00	-22.73	-8.69	127.93
1222000.00	1798000.00	BAS86	64.23	61.31	0.00	70.33	-9.02	64.20
1250000.00	1804000.00	BAS87	123.51	54.61	0.00	63.26	-8.65	123.50
1275000.00	1805000.00	BAS88	73.32	35.46	0.00	44.43	-8.97	73.30
1300000.00	1830000.00	BAS89	208.94	-2.54	0.00	5.57	-8.11	208.90
1075000.00	1700000.00	BAS90	3360.92	129.83	0.00	118.13	11.70	3360.90
1000000.00	1723000.00	BAS91	1376.75	140.57	0.00	141.34	-0.77	1376.70
1000000.00	1685000.00	BAS92	222.14	110.39	0.00	118.42	-8.03	222.10
1021000.00	1685000.00	BAS93	2459.19	175.00	0.00	168.97	6.03	2459.20
1025000.00	1700000.00	BAS94	3301.10	191.90	0.00	180.58	11.32	3301.10
1050000.00	1700000.00	BAS95	2786.62	147.90	0.00	139.81	8.09	2786.60
1025000.00	1715000.00	BAS96	1720.29	166.36	0.00	164.98	1.38	1720.30
1050000.00	1715000.00	BAS97	1473.84	123.09	0.00	123.25	-0.16	1473.80
1050000.00	1725000.00	BAS98	364.09	108.41	0.00	115.55	-7.14	364.10
1071000.00	1725000.00	BAS99	364.36	84.81	0.00	91.95	-7.14	364.40
1075000.00	1735000.00	BAS100	4.14	49.48	0.00	58.88	-9.40	4.10
1085000.00	1718000.00	BAS101	1455.87	95.67	0.00	95.95	-0.28	1455.90

1100000.00	1720000.00	BAS102	858.49	75.31	0.00	79.34	-4.03	858.50
1100000.00	1700000.00	BAS103	1087.15	82.10	0.00	84.69	-2.59	1087.10
1025000.00	1650000.00	BAS104	1020.03	72.39	0.00	75.41	-3.02	1020.00
1050000.00	1650000.00	BAS105	1479.88	97.87	0.00	98.00	-0.13	1479.90
1067000.00	1650000.00	BAS106	1125.76	95.40	0.00	97.75	-2.35	1125.80
1050000.00	1635000.00	BAS107	1456.03	79.06	0.00	79.34	-0.28	1456.00
1009000.00	1680000.00	BAS108	1463.40	131.29	0.00	131.52	-0.23	1463.40
1018000.00	1685000.00	BAS109	1608.31	170.33	0.00	169.65	0.68	1608.30
1030000.00	1662000.00	BAS110	2026.84	111.79	0.00	108.48	3.31	2026.80
1037000.00	1653000.00	BAS111	1354.92	96.39	0.00	97.30	-0.91	1354.90
1038000.00	1700000.00	BAS112	3648.10	167.39	0.00	153.89	13.50	3648.10
1040000.00	1705000.00	BAS113	2934.84	156.92	0.00	147.90	9.02	2934.80
1046000.00	1707000.00	BAS114	1340.97	140.94	0.00	141.94	-1.00	1341.00
1054000.00	1707000.00	BAS115	2479.96	129.48	0.00	123.32	6.16	2480.00
1040000.00	1711000.00	BAS116	2184.29	148.47	0.00	144.17	4.30	2184.30
1036000.00	1716000.00	BAS117	759.64	147.69	0.00	152.34	-4.65	759.60
1028000.00	1721000.00	BAS118	847.31	149.96	0.00	154.06	-4.10	847.30
1020000.00	1724000.00	BAS119	1082.34	148.04	0.00	150.66	-2.63	1082.30
1101000.00	1709000.00	BAS120	749.60	78.57	0.00	83.29	-4.72	749.60
1023807.00	1594873.00	KR1-79_1	104.37	-3.88	0.00	4.89	-8.71	107.27
1030058.00	1585480.00	KR1-79_2	60.15	-10.95	2620.00	14.94	-24.28	-2585.94
1040097.00	1572814.00	KR1-79_3	45.56	-18.14	2750.00	8.57	-26.46	-2748.09
1057244.00	1545341.00	KR1-79_4	39.66	-32.41	3620.00	-0.23	-35.38	-3882.46
1057734.00	1544395.00	KR1-79_5	42.02	-32.27	6370.00	17.19	-43.49	-5861.29
1068819.00	1520464.00	KR1-79_6	80.42	-1.36	0.00	7.56	-8.26	101.65
1040165.00	1599087.00	KR5-79_1	86.38	27.42	0.00	36.30	-8.73	87.76
1052418.00	1588323.00	KR5-79_2	55.07	15.18	2600.00	40.95	-24.85	-2579.31
1058802.00	1583760.00	KR5-79_3	57.54	17.60	2250.00	41.17	-22.59	-2236.31
1066309.00	1578433.00	KR5-79_4	54.60	13.69	620.00	27.01	-14.23	-644.78
1078968.00	1568898.00	KR5-79_5	75.31	1.12	4500.00	38.83	-36.91	-4482.92
1088447.00	1558958.00	KR5-79_6	130.76	-5.74	620.00	7.58	-14.28	-635.35
1094964.00	1552827.00	KR5-79_7	257.00	-4.17	5100.00	37.31	-40.08	-5070.43
1098578.00	1548335.00	KR5-79_8	1092.93	-8.74	0.00	-6.18	-9.85	835.32
1114679.00	1675185.00	KR79-8_1	190.95	30.00	2250.00	53.57	-21.79	-2196.64
1294079.00	1877615.00	CHIMARE_2-1	-145.32	-17.47	2596.00	8.27	-25.85	-2596.88
1297419.00	1852133.00	PUERTO_ESTRELLA-1	1.51	-5.18	3460.00	25.99	-30.94	-3458.53
1235783.00	1864068.00	JARARA-1	-91.35	42.59	1901.00	63.97	-21.45	-1901.00
1295657.00	1813781.00	COSINETAS-1	40.21	-10.81	1336.00	7.01	-17.93	-1336.19
1297030.00	1815766.00	GUAJIRA-1	37.46	-11.51	945.00	3.86	-15.94	-958.94
1167929.00	1762375.00	EPEHIM-1	39.02	-26.28	2453.00	-1.44	-24.86	-2453.43
1075265.00	1547719.00	CESAR_A-1X	87.31	-13.40	1572.00	5.91	-20.19	-1585.93
1048272.00	1590163.00	LOS_VENADOS-1	58.38	13.76	1175.00	30.57	-17.10	-1182.34
1121538.00	1668066.00	EL_MOLINO-1	205.86	12.71	1555.00	31.91	-18.99	-1558.46
1149148.00	1761771.00	ALMIRANTE-1	25.46	-26.54	2612.00	-0.70	-25.56	-2609.26
1130409.00	1817338.00	ALMEJA-1	-255.61	34.96	1850.00	56.01	-20.85	-1852.97
1143560.00	1753644.00	ARUCHARA-1	26.37	-33.96	2911.00	-6.24	-27.88	-2914.73
1148903.00	1783242.00	BALLENA-1	1.59	-19.84	1992.00	2.11	-22.10	-1993.19
1135329.00	1798995.00	CHUCHUPA-1	-164.16	6.05	1640.00	25.78	-19.64	-1639.79
1140318.00	1820849.00	DORADO-1	-171.00	41.38	961.00	56.85	-14.70	-956.87
1203354.00	1736386.00	GUAITAPA-1	72.71	-16.70	2173.00	6.38	-22.44	-2164.17
1189927.00	1732390.00	LOS_MANANTIALES-1	115.35	-28.08	2071.00	-5.64	-22.41	-2071.86
1199318.00	1755884.00	MAICAO-1	41.40	-4.22	1151.00	12.44	-16.50	-1149.94
1185349.00	1790810.00	MANAURE-1	23.02	14.03	959.00	29.48	-15.38	-958.70

1155929.00	1799135.00	PAVON-1	-38.40	-1.96	1840.00	19.03	-20.98	-1840.15
1102150.00	1739074.00	PERICO-1	13.01	-8.52	3365.00	22.06	-30.95	-3366.11
1135250.00	1772338.00	RIOHACHA-1	1.56	-26.87	1884.00	-5.60	-21.47	-1885.17
1168019.00	1798053.00	SIERRA-1	-8.44	2.34	1268.00	19.74	-17.39	-1267.93
1196435.00	1740475.00	SAURE-1	80.46	-21.17	2361.00	3.10	-24.27	-2364.43
1142279.00	1789205.00	TIBURON-1	-27.17	-11.17	1927.00	10.37	-21.48	-1925.29
1139749.00	1759125.00	TINKA-1	17.30	-32.60	2841.00	-5.32	-27.25	-2839.40
1146698.00	1730746.00	GANIMEDES-1	62.60	-13.34	1347.00	4.55	-17.11	-1323.49

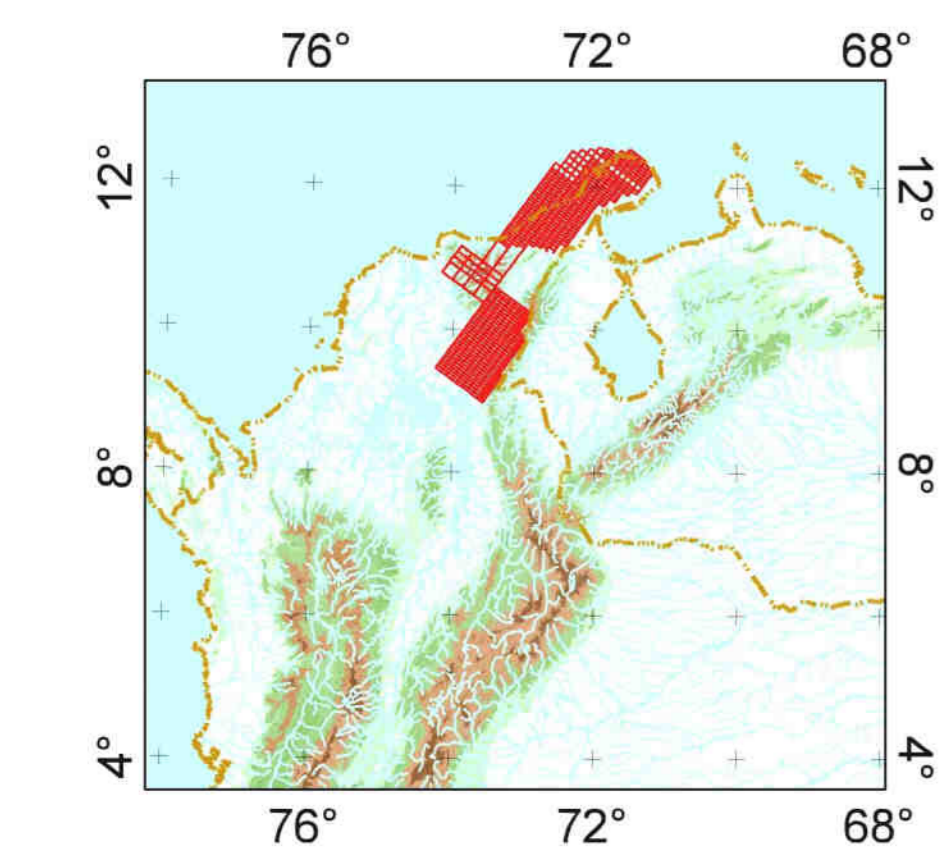
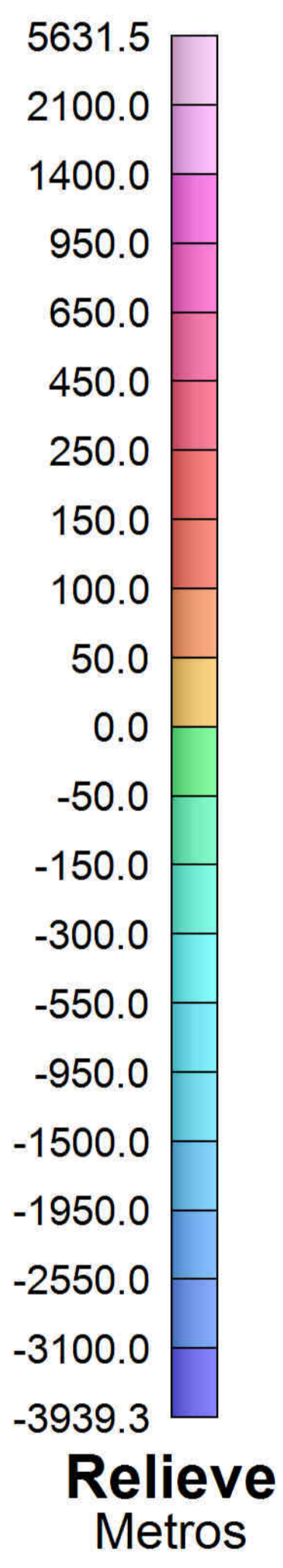
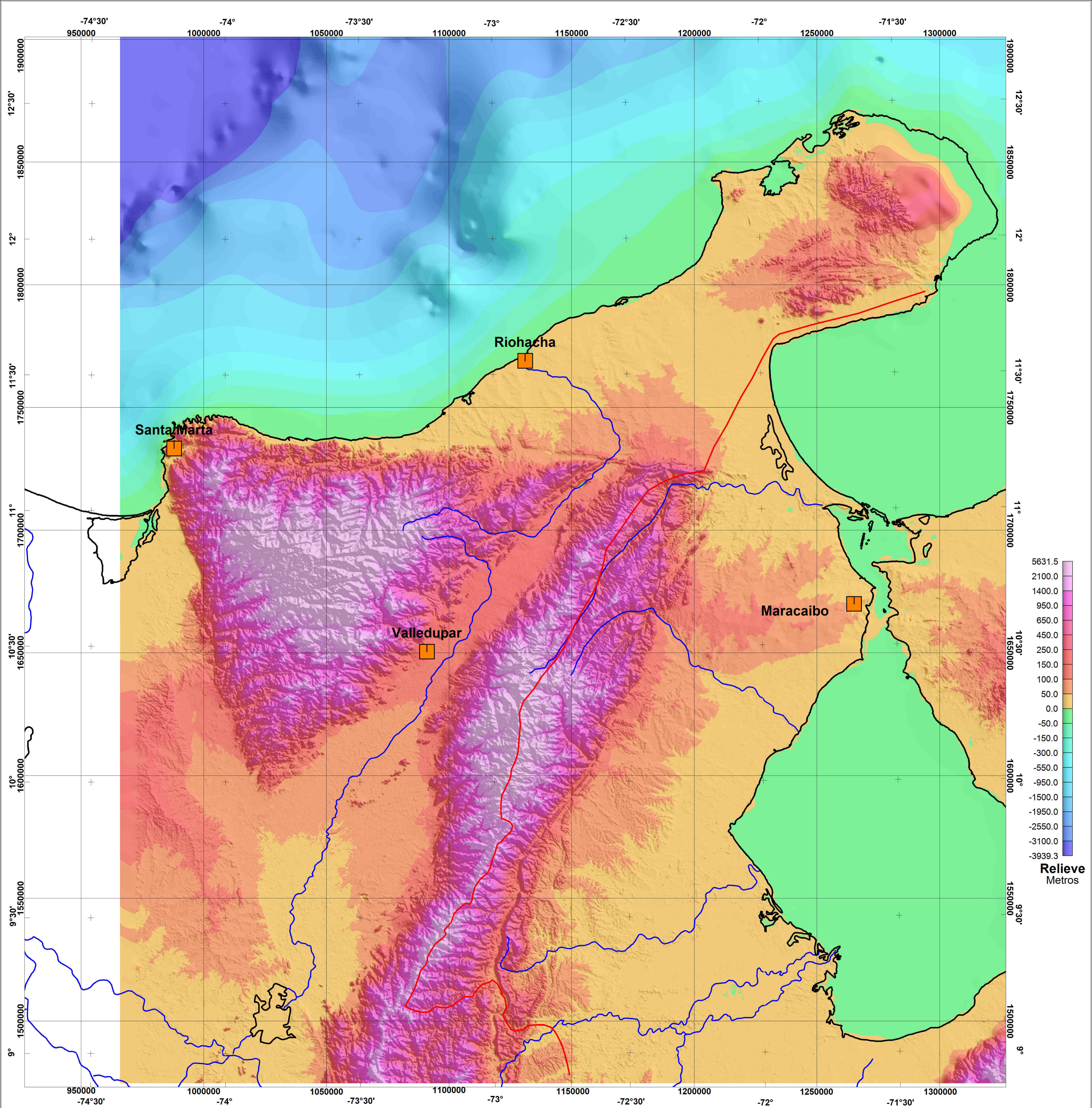
PUNTOS DE CONTROL Base del Terciario

```

/ -----
/ XYZ EXPORT [09/02/2007]
/ DATABASE [.\BASTrCON.gdb]
/ -----
/
/ X Y PUNTO ALTURANASA BOUG250 BASTr REGTr RESDTr BASTrInvFINAL
/=====
/
//Flight 0
//Date 2007/08/05
Random 0
1027734.00 1588842.00 BaseT11 67.93 -7.57 0.00 1.43 -8.91 66.34
1045725.00 1565731.00 BaseT12 44.96 -19.90 0.00 -10.76 -9.12 45.07
1047663.00 1563268.00 BaseT13 46.04 -20.79 0.00 -11.65 -9.21 43.43
1062673.00 1533688.00 BaseT14 49.55 -21.49 0.00 -12.37 -9.11 48.85
1047607.00 1591749.00 BaseT15 58.78 15.29 0.00 24.35 -8.41 96.50
1049468.00 1590508.00 BaseT16 56.97 15.06 0.00 24.13 -9.25 43.67
1057267.00 1584919.00 BaseT17 53.88 17.19 0.00 26.28 -9.21 53.39
1059810.00 1583056.00 BaseT18 55.14 17.67 0.00 26.75 -9.01 60.47
1075238.00 1572133.00 BaseT19 68.49 5.76 0.00 14.76 -11.10 -83.69
1080929.00 1566845.00 BaseT20 82.62 -1.68 0.00 7.23 -9.19 85.61
1139236.00 1709223.00 BaseT1 308.23 8.76 0.00 16.25 -7.54 305.52
1143785.00 1715370.00 BaseT2 183.00 7.56 0.00 15.84 -7.88 190.23
1151866.00 1721198.00 BaseT3 283.51 -8.92 0.00 -1.27 -7.66 282.78
1157432.00 1725207.00 BaseT4 232.34 -19.08 0.00 -11.11 -7.95 235.20
1163706.00 1730623.00 BaseT5 115.30 -28.65 0.00 -19.95 -9.77 91.43
1172640.00 1721999.00 BaseT6 162.76 -11.91 0.00 -3.51 -8.02 166.80
1159099.00 1713660.00 BaseT7 147.87 -11.60 0.00 -3.10 -8.62 156.20
1153480.00 1711575.00 BaseT8 155.16 -10.19 0.00 -1.74 -9.54 131.46
1147478.00 1706410.00 BaseT9 147.81 -5.06 0.00 3.44 -8.47 155.78
1143304.00 1702080.00 BaseT10 144.84 -1.14 0.00 7.38 -8.42 146.44
1294079.00 1877615.00 CHIMARE_2-1 -145.33 -17.47 2596.00 8.27 -25.75 -2596.15
1297419.00 1852133.00 PUERTO_ESTRELLA-1 1.51 -5.18 3460.00 25.99 -31.16 -3459.73
1235783.00 1864068.00 JARARA-1 -91.34 42.59 1901.00 63.97 -21.38 -1901.05
1295657.00 1813781.00 COSINETAS-1 40.21 -10.81 1336.00 7.01 -17.82 -1335.96
1297030.00 1815766.00 GUAJIRA-1 37.46 -11.51 945.00 3.86 -15.45 -947.74
1167929.00 1762375.00 EPEHIM-1 39.02 -26.28 2453.00 -1.44 -24.86 -2453.32
1075662.00 1569978.00 CESAR_B-1X 67.03 3.20 243.00 14.15 -12.02 -355.62
1121538.00 1668066.00 EL_MOLINO-1 205.86 12.71 501.00 25.29 -12.98 -560.28
1149148.00 1761771.00 ALMIRANTE-1 25.46 -26.54 2612.00 -0.70 -25.84 -2611.94
1130409.00 1817338.00 ALMEJA-1 -255.62 34.96 1850.00 56.01 -21.10 -1851.14
1143560.00 1753644.00 ARUCHARA-1 26.37 -33.96 2911.00 -6.24 -27.79 -2912.45
1148903.00 1783242.00 BALLENA-1 1.59 -19.84 1992.00 2.11 -21.96 -1992.22
1135329.00 1798995.00 CHUCHUPA-1 -164.16 6.05 1640.00 25.78 -19.73 -1639.96
1140318.00 1820849.00 DORADO-1 -171.00 41.38 961.00 56.85 -15.45 -960.61
1203354.00 1736386.00 GUAITAPA-1 72.70 -16.70 1553.00 2.49 -19.47 -1563.50

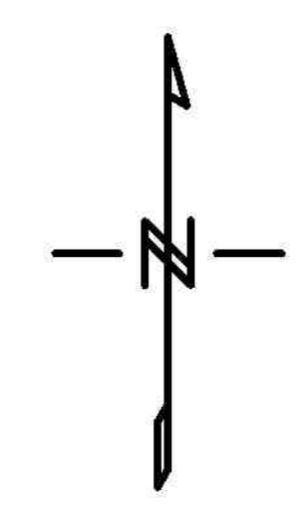
```

1189927.00	1732390.00	LOS_MANANTIALES-1	115.35	-28.08	1379.00	-9.99	-18.29	-1382.07
1199318.00	1755884.00	MAICAO-1	41.40	-4.22	1151.00	12.44	-16.67	-1152.94
1185349.00	1790810.00	MANAURE-1	23.02	14.03	959.00	29.48	-15.45	-958.94
1155929.00	1799135.00	PAVON-1	-38.40	-1.96	1840.00	19.03	-20.99	-1840.06
1102150.00	1739074.00	PERICO-1	13.00	-8.52	3365.00	22.06	-30.60	-3365.06
1135250.00	1772338.00	RIOHACHA-1	1.56	-26.87	1884.00	-5.60	-21.27	-1883.95
1168019.00	1798053.00	SIERRA-1	-8.44	2.34	1268.00	19.74	-17.40	-1268.04
1196435.00	1740475.00	SAURE-1	80.46	-21.16	2361.00	3.11	-23.92	-2350.46
1142279.00	1789205.00	TIBURON-1	-27.18	-11.17	1927.00	10.37	-21.53	-1926.90
1139749.00	1759125.00	TINKA-1	17.30	-32.60	2841.00	-5.32	-27.28	-2840.78
1146698.00	1730746.00	GANIMEDES-1	62.60	-13.34	1347.00	4.55	-18.11	-1355.59

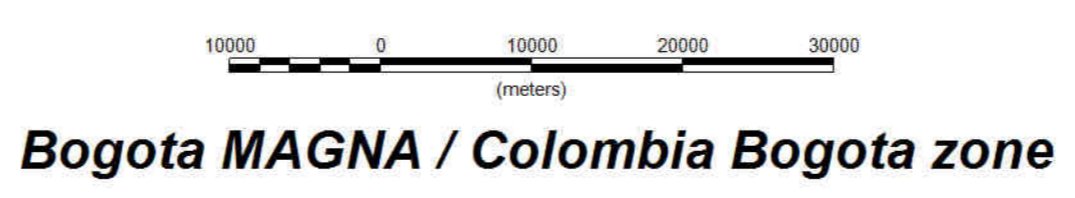


CONVENCIONES

- TOPCr16
- Punto de Control
- Ciudades
- Linea de Costa
- Rios




Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

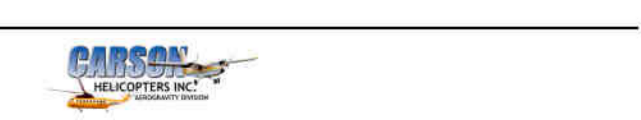
Figura 1

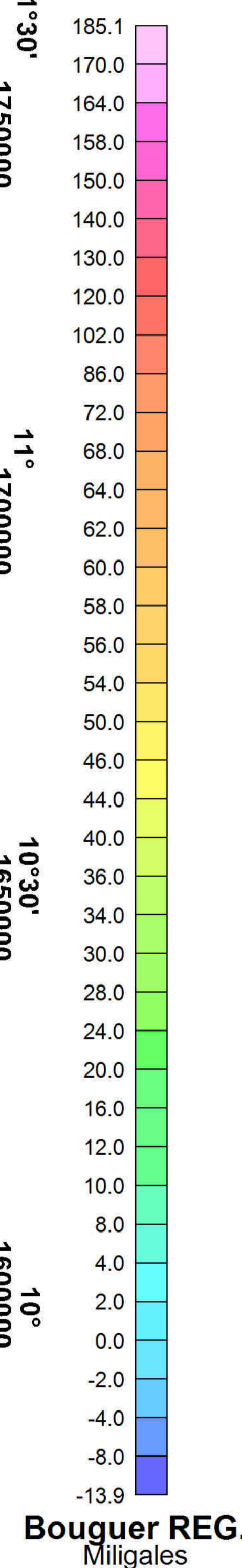
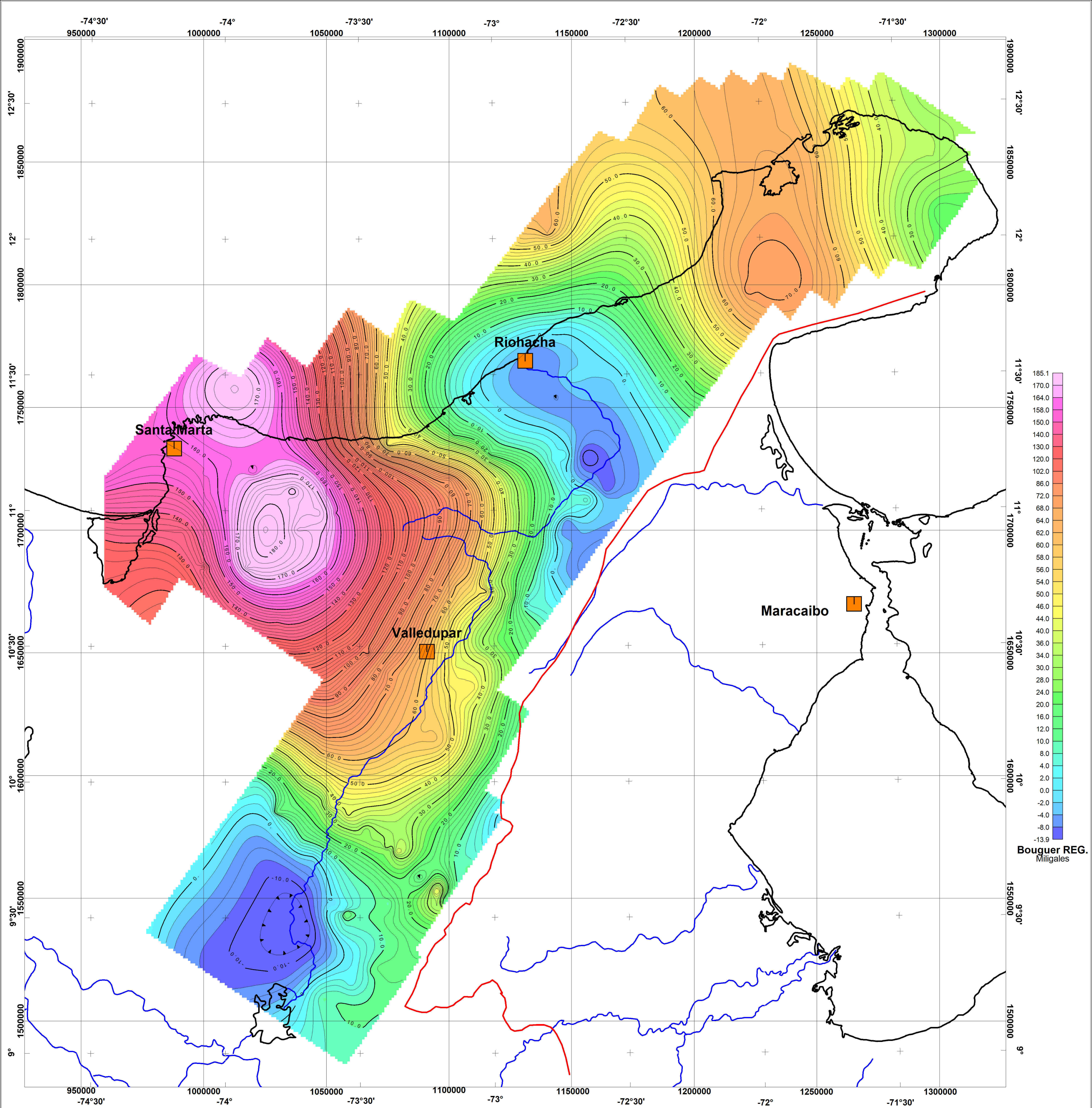
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

LOCALIZACION y RELIEVE TOPOGRAFICO

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

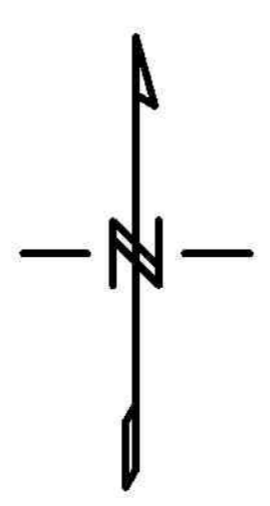
CARSON Helicopters COLOMBIA 



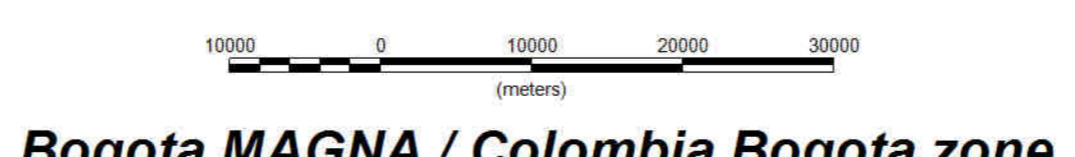
Bouguer REG.
Miligales

CONVENCIONES

-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000




Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

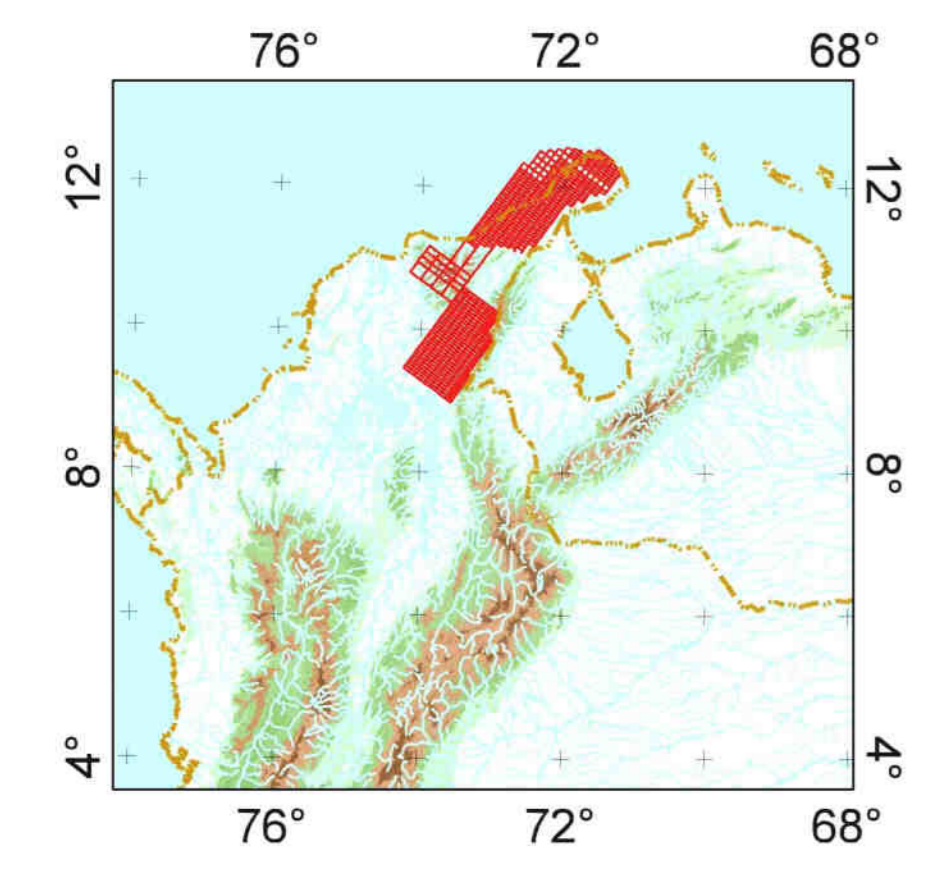
Figura 11

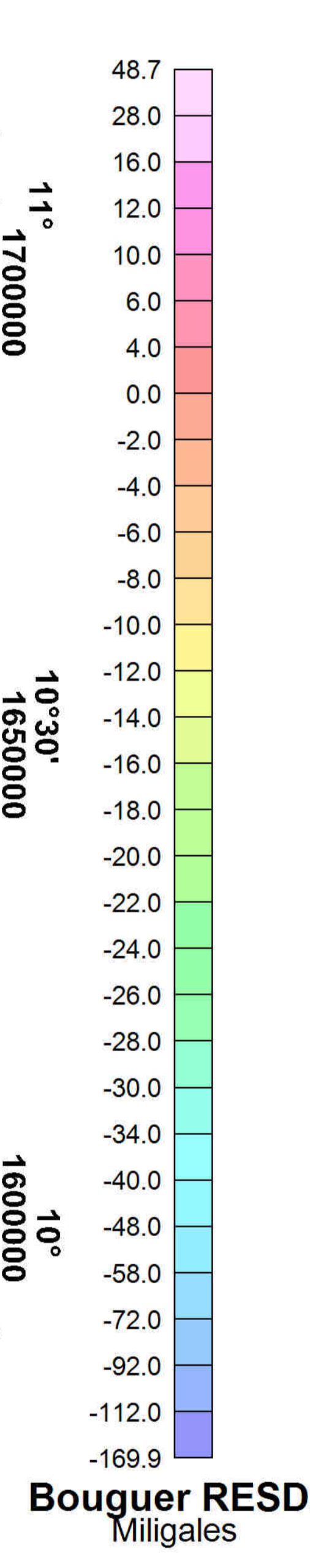
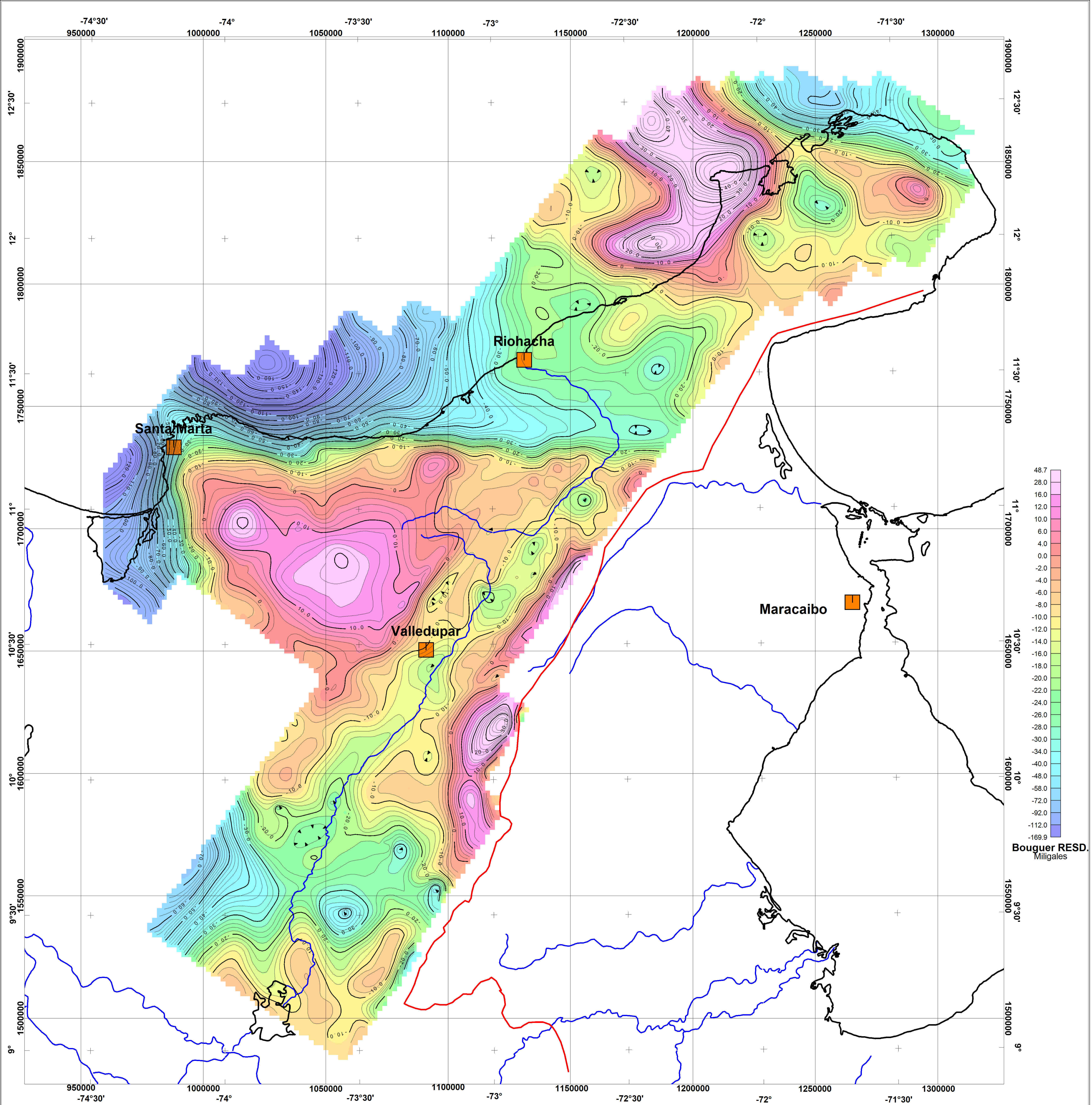
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
REGIONAL CONTROLADO BASE DEL CRETACICO
(Incluyendo los Afloramientos - Referencia 1500m Arriba del NMM)

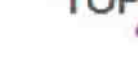



Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

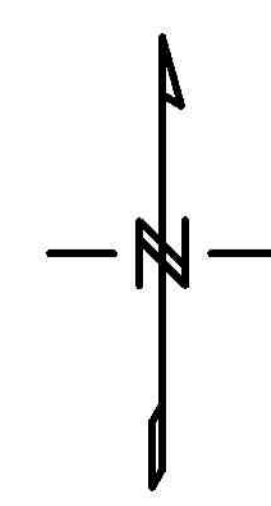
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES

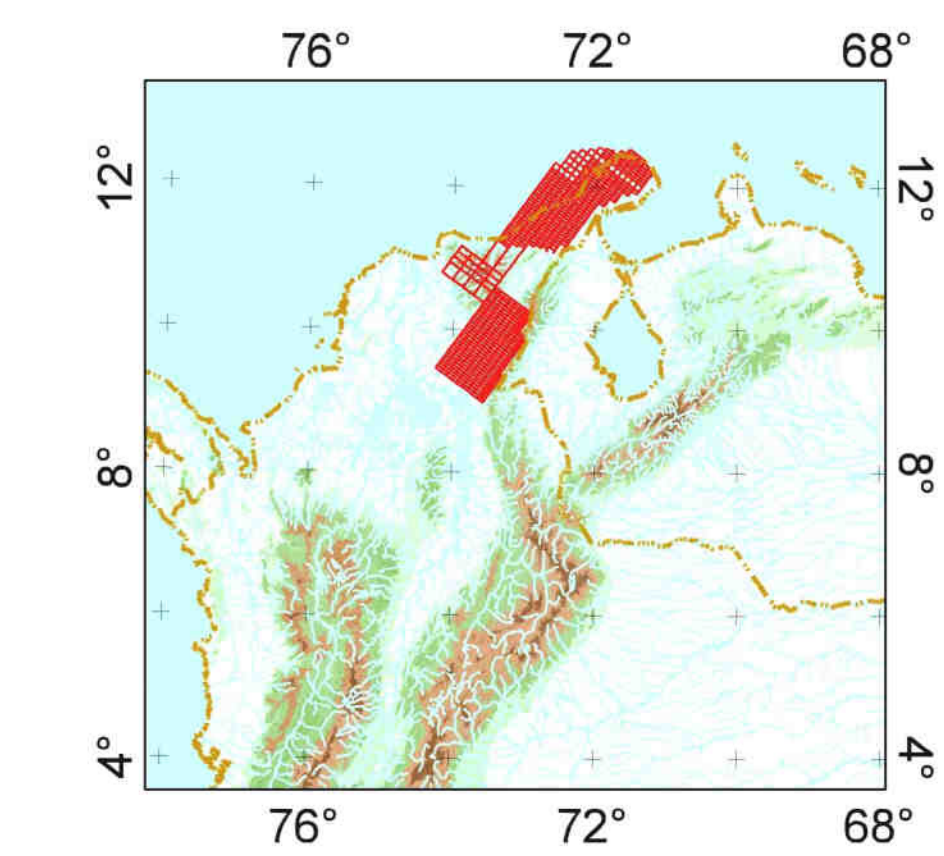
-  TOPC16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

Figura 12

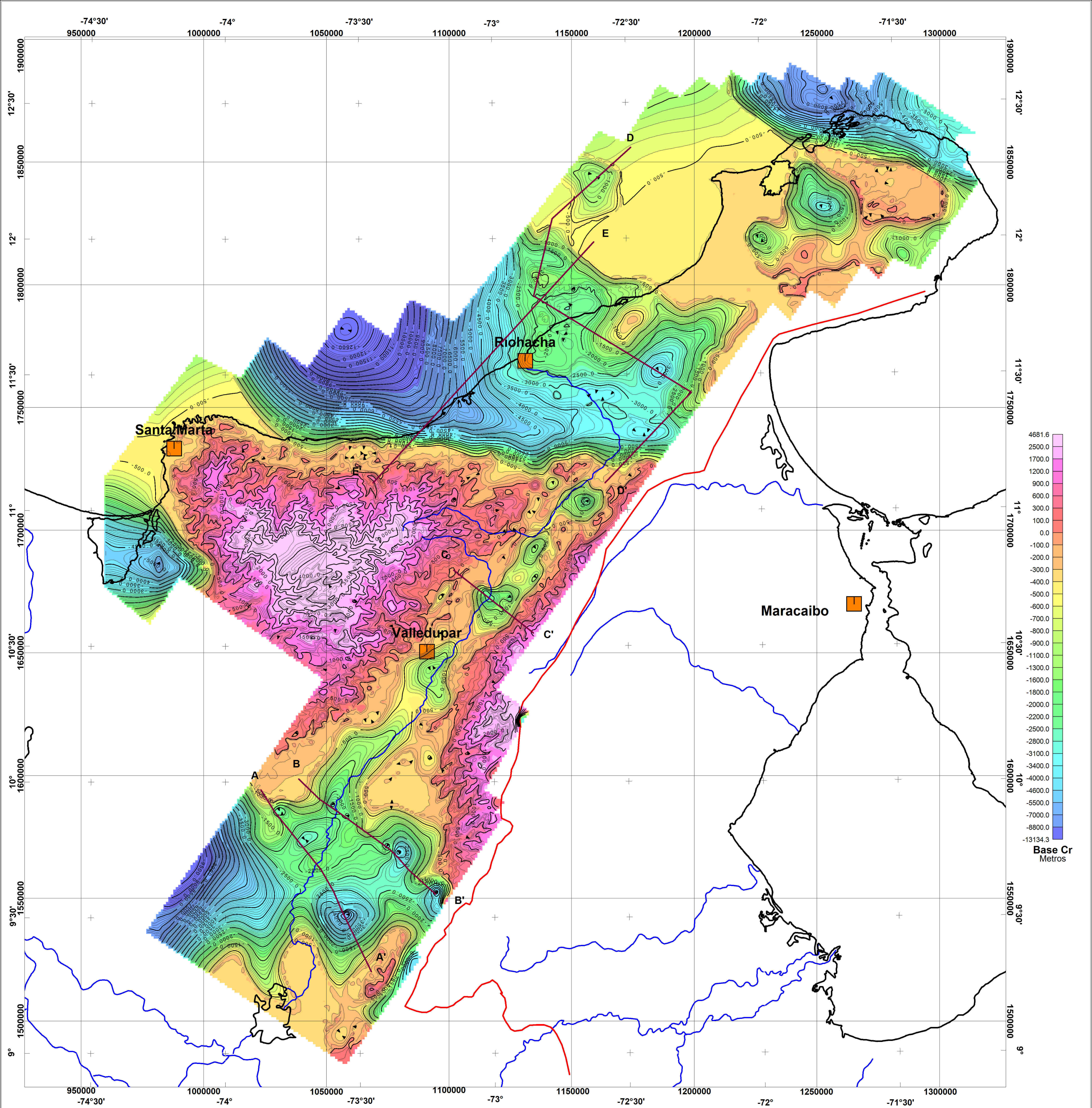


AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 





Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
RESIDUAL CONTROLADO BASE DEL CRETACICO
(Incluyendo los Afloramientos - Referencia 1500m Arriba del NMM)

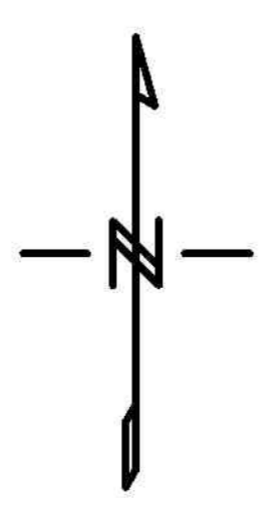
Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 



CONVENCIONES

-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000


Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

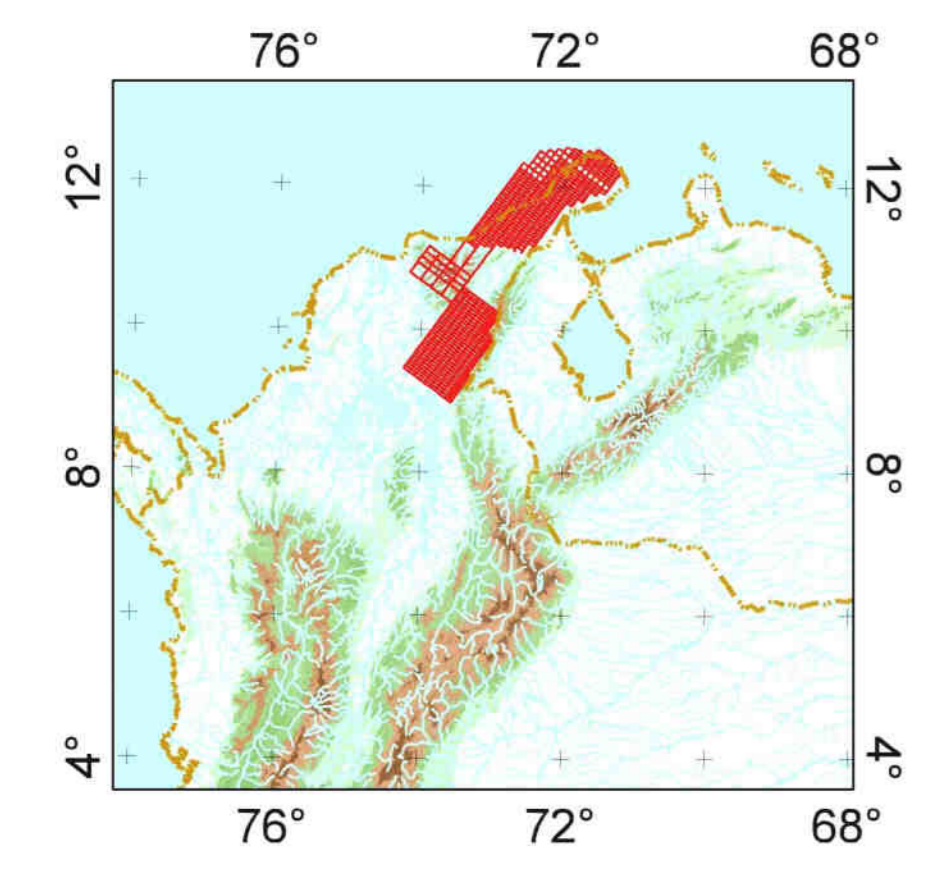
Figura 13

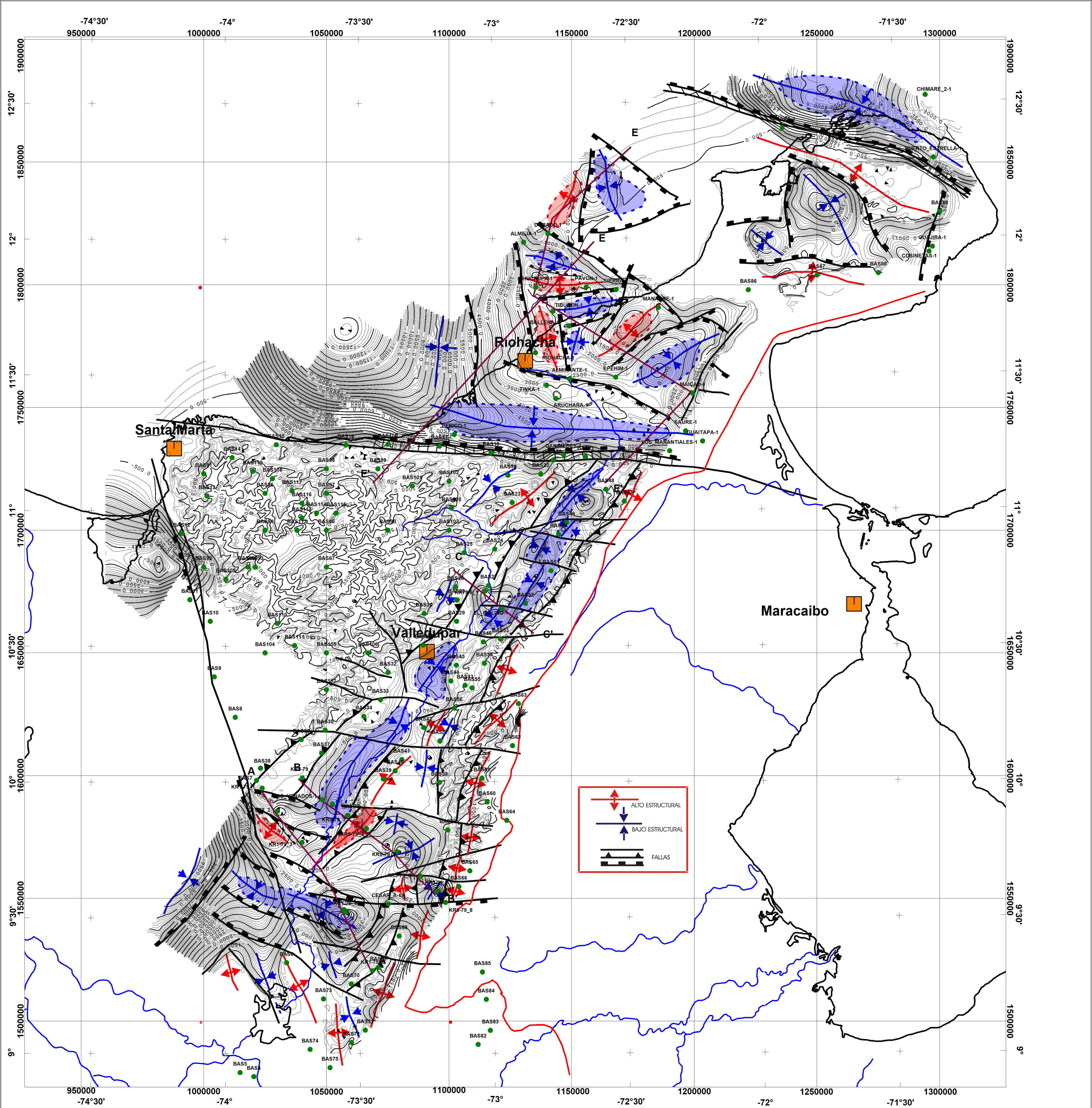
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 BASE DEL CRETACICO - Inversión 3D del RESD. CONTROLADO
 (Includiendo los Afloramientos - Referencia NMM)

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

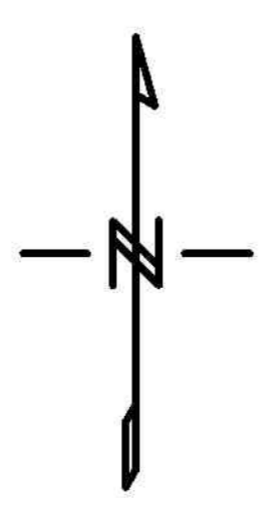
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES

- TOPC16 Punto de Control
- Ciudades
- Línea de Costa
- Rios



Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

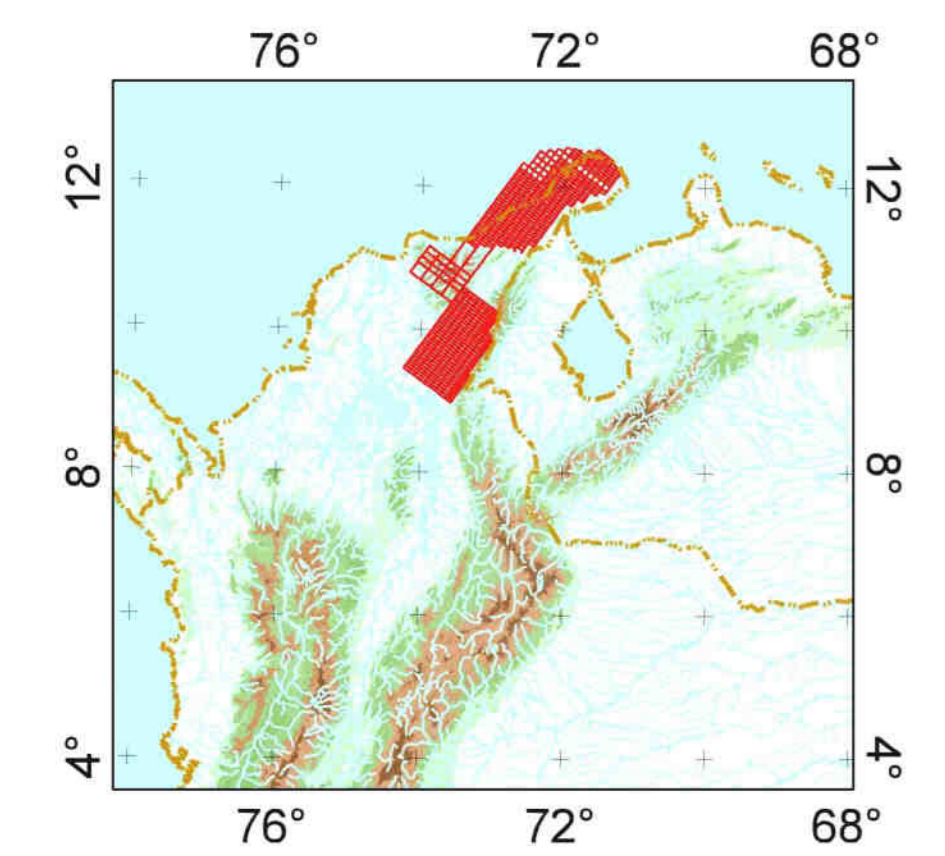
Figura 14

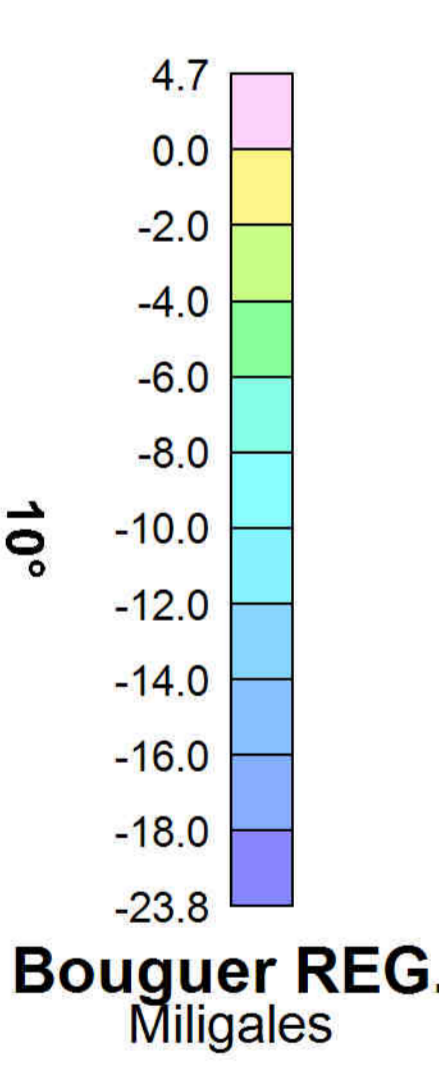
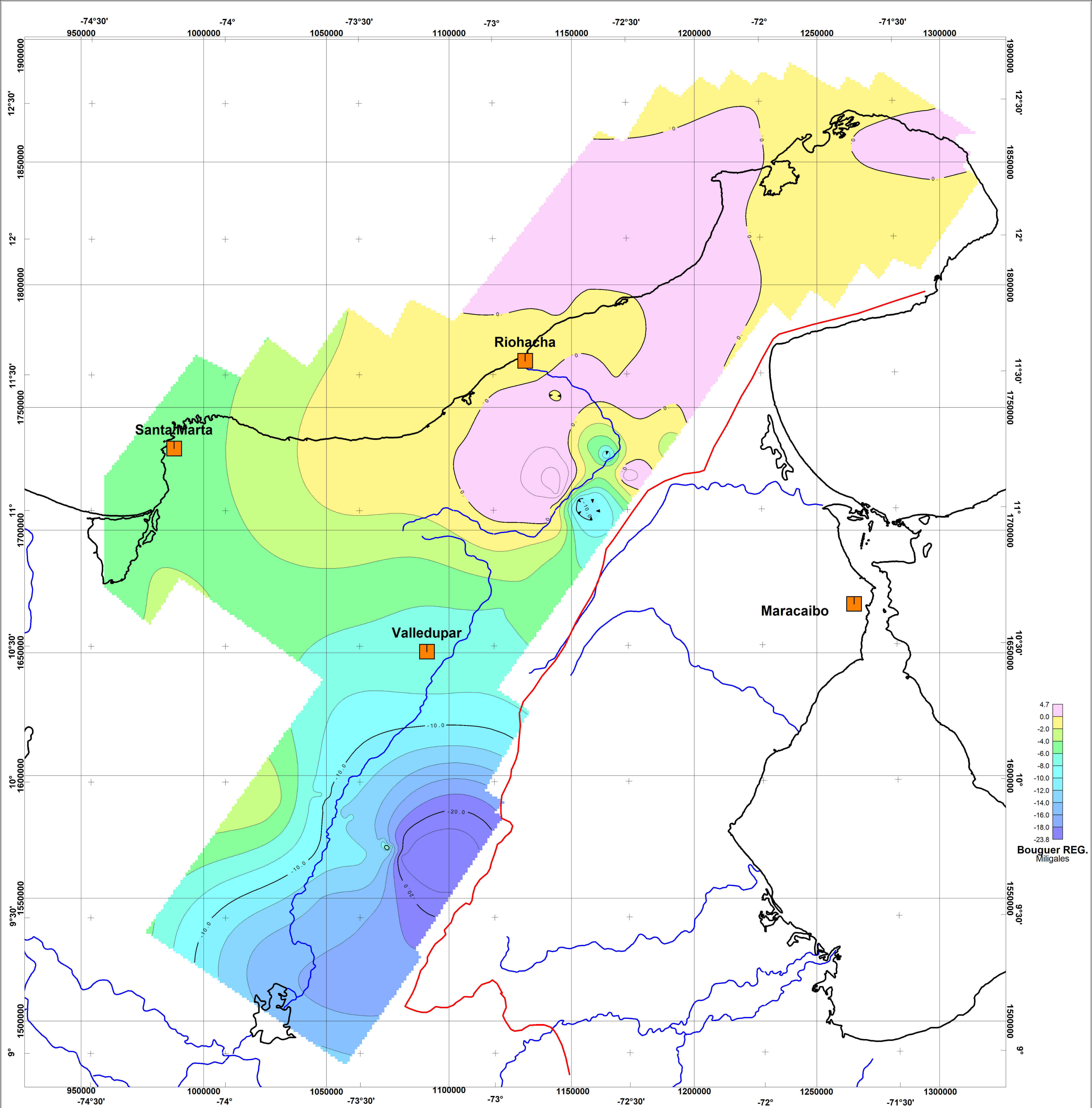
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 INTERPRETACION ESTRUCTURAL BASE DEL CRETACICO
 (Incluyendo los Afloramientos - Referencia NMM)

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

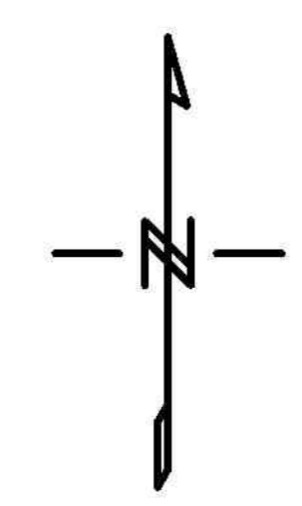
CARSON Helicopters COLOMBIA



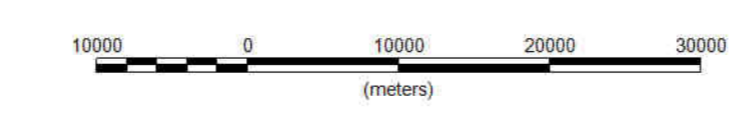


CONVENCIONES

-  TOPCr16
-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios

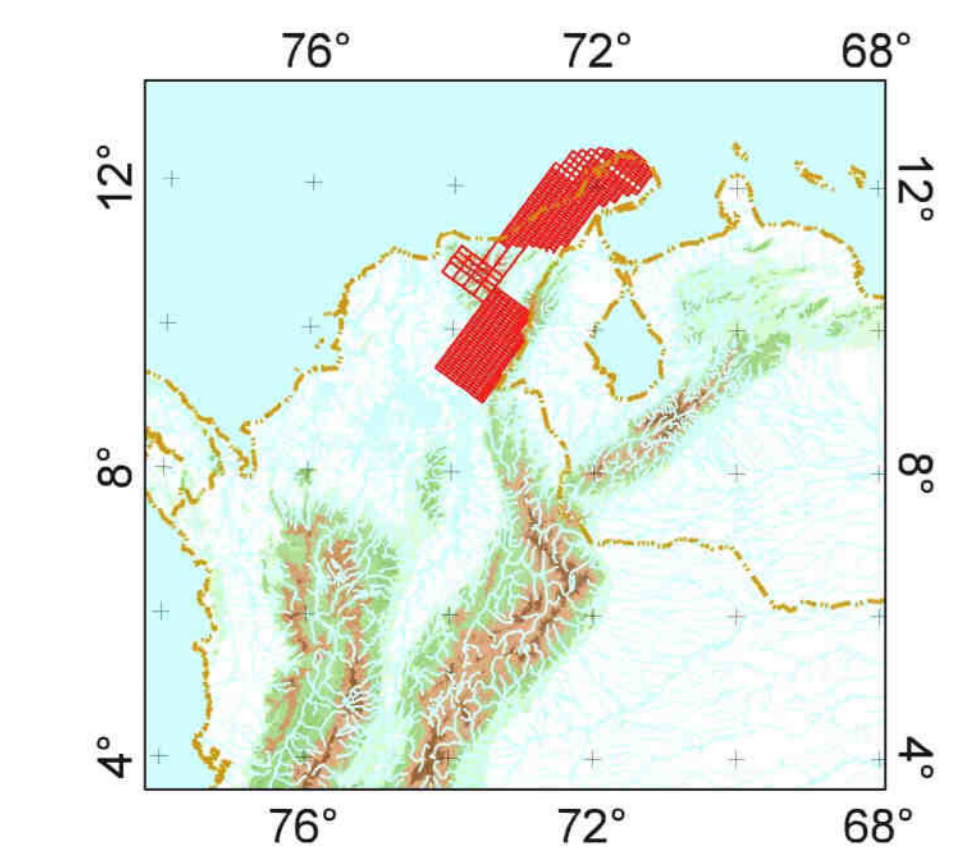


Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone


Figura 15

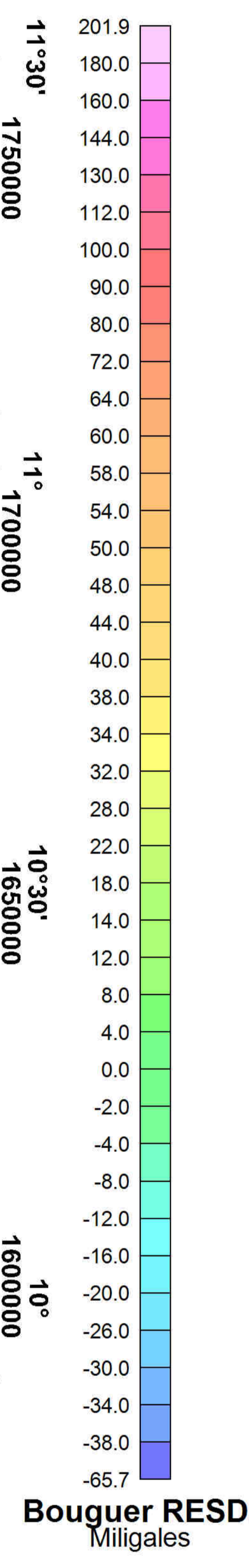
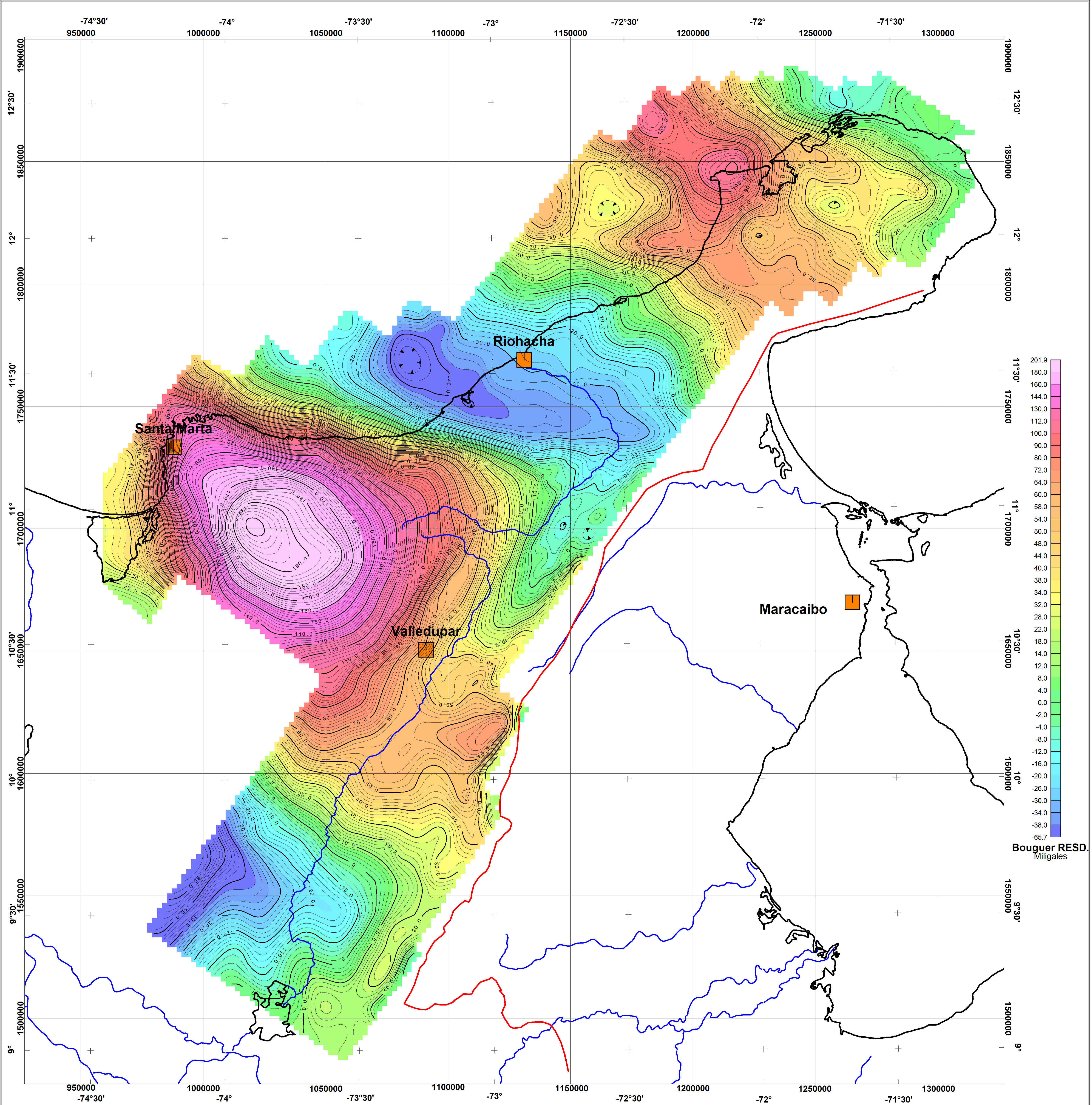


AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
REGIONAL CONTROLADO BASE DEL TERCIARIO
(Incluyendo los Afloramientos - Referencia 1500m Arriba del NMM)





Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

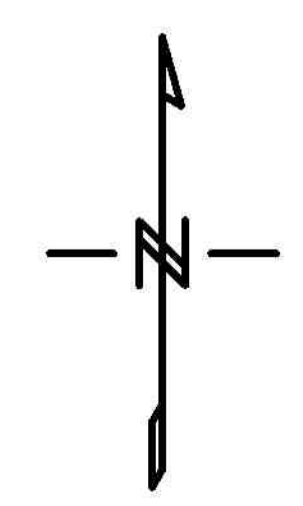
CARSON Helicopters COLOMBIA 



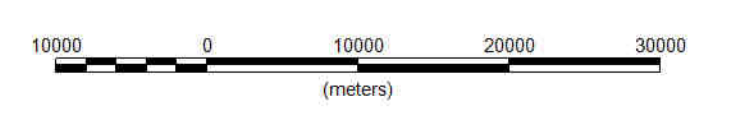
Bouguer RESD.
Miligales

CONVENCIONES

-  TOPC16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000




Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

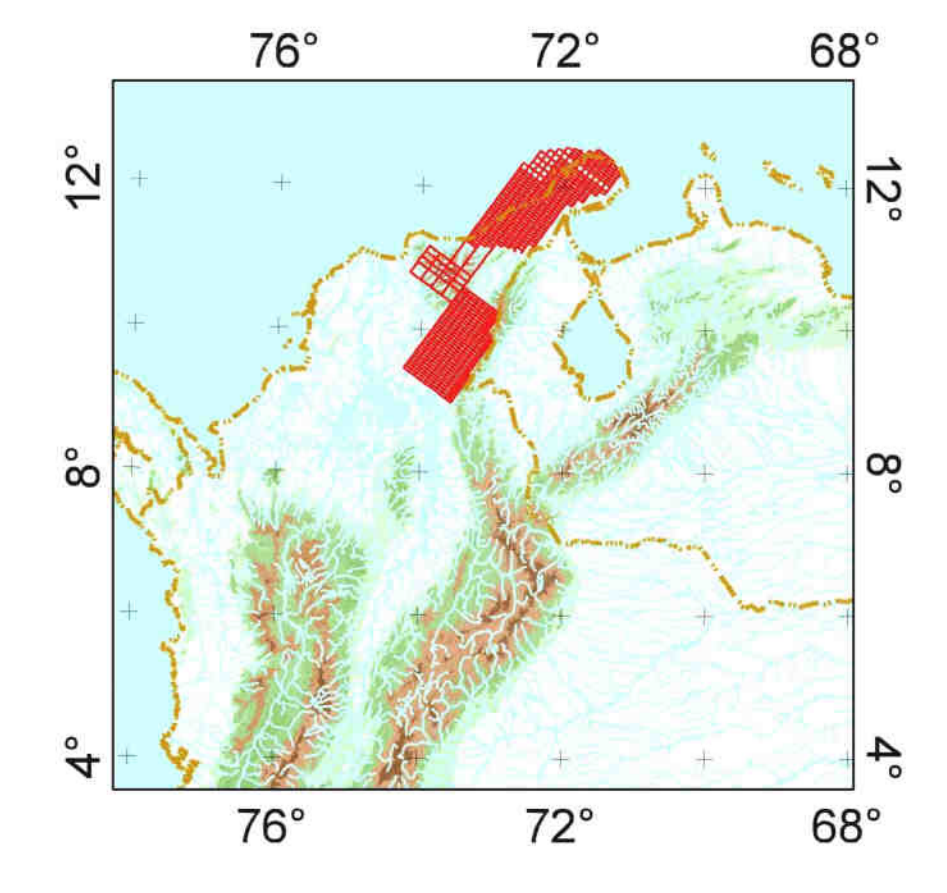
Figura 16

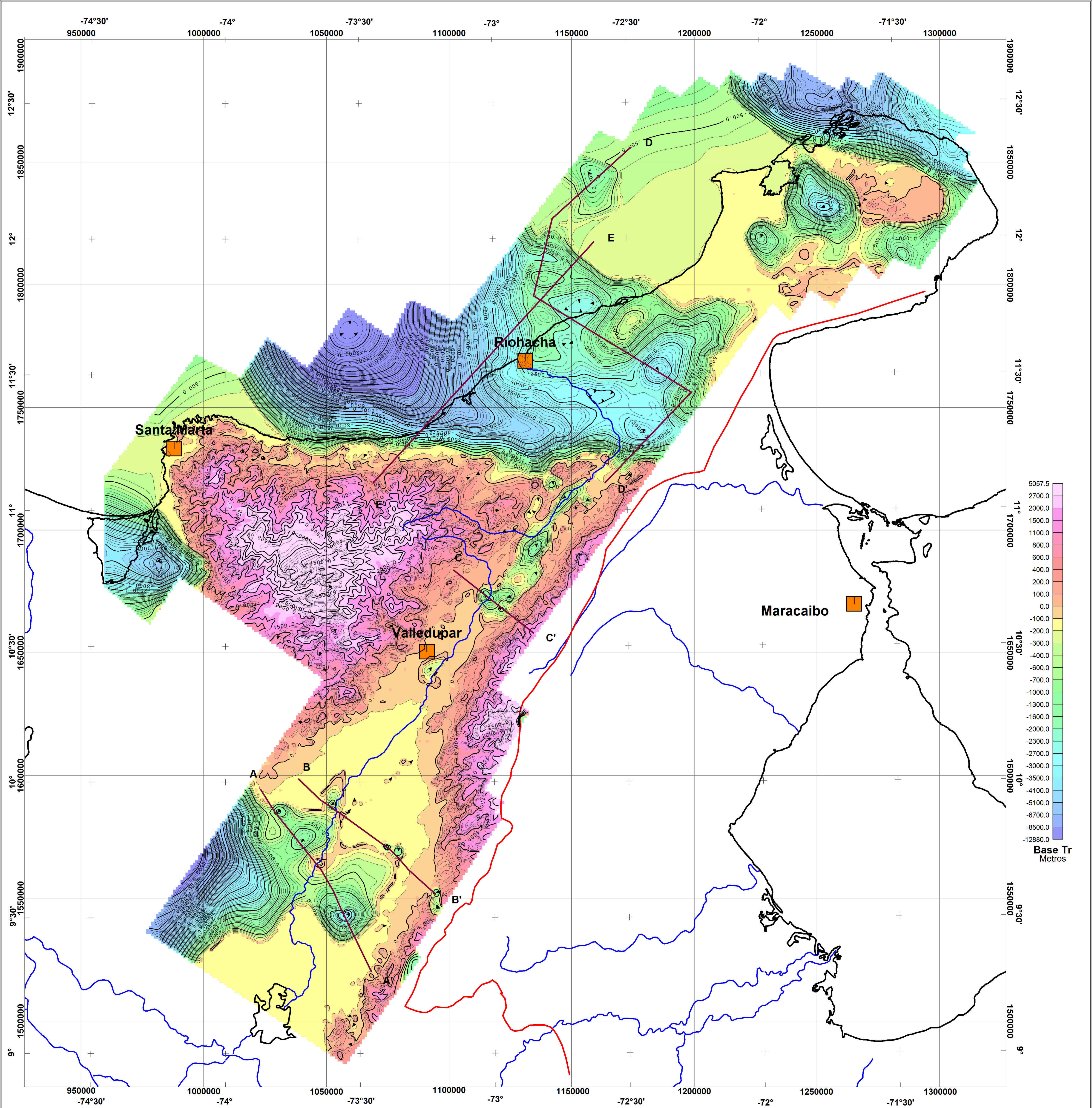
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
RESIDUAL CONTROLADO BASE DEL TERCIARIO
(Incluyendo los Afloramientos - Referencia 1500m Arriba del NMM)

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

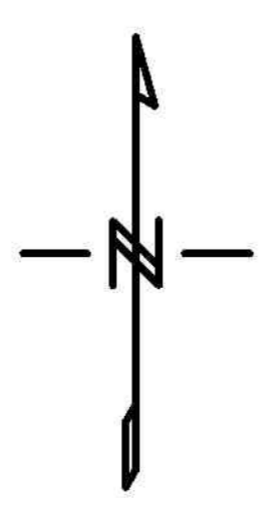
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES


-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000


Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

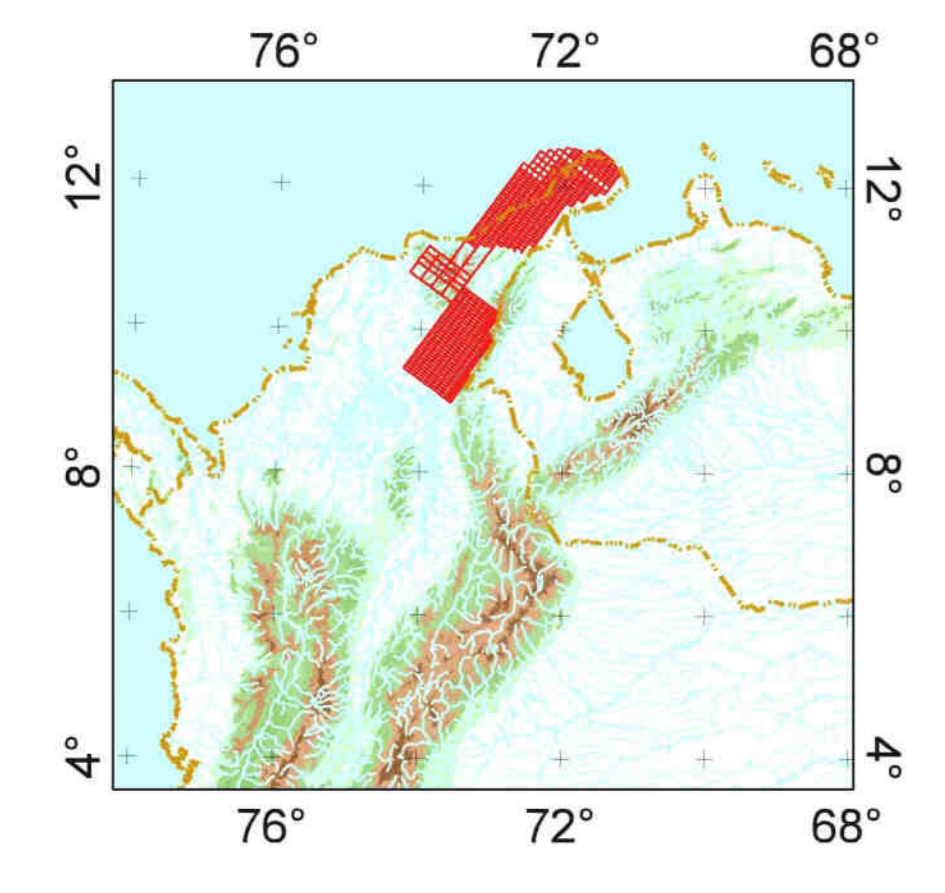
Figura 17

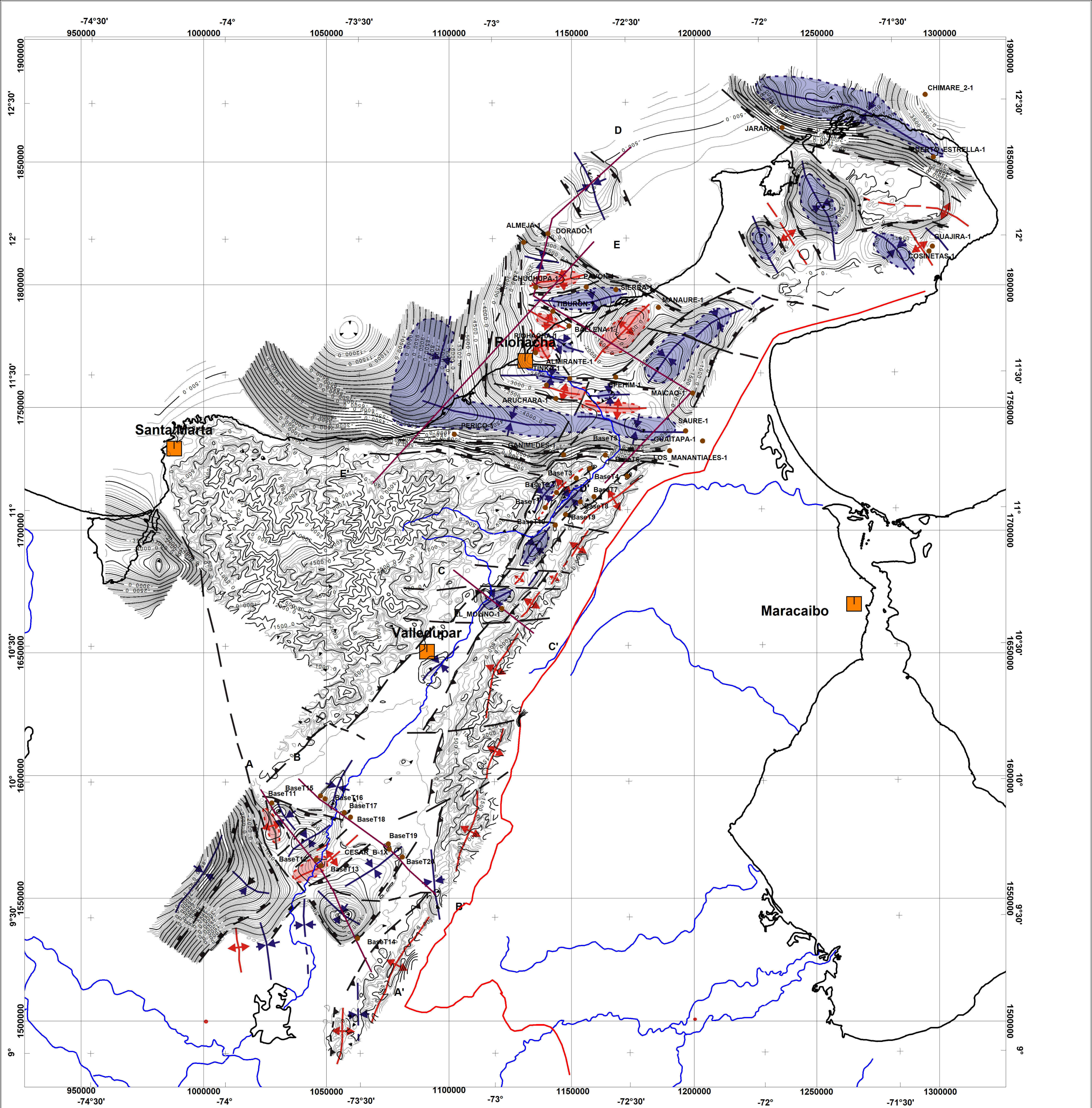
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 BASE DEL TERCIARIO - Inversión 3D del Residuo Controlado
 (Incluyendo los Afloramientos - Referencia NMM)

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

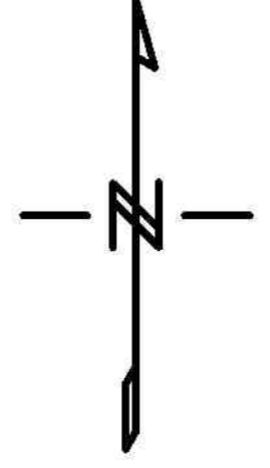
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES


-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000


Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

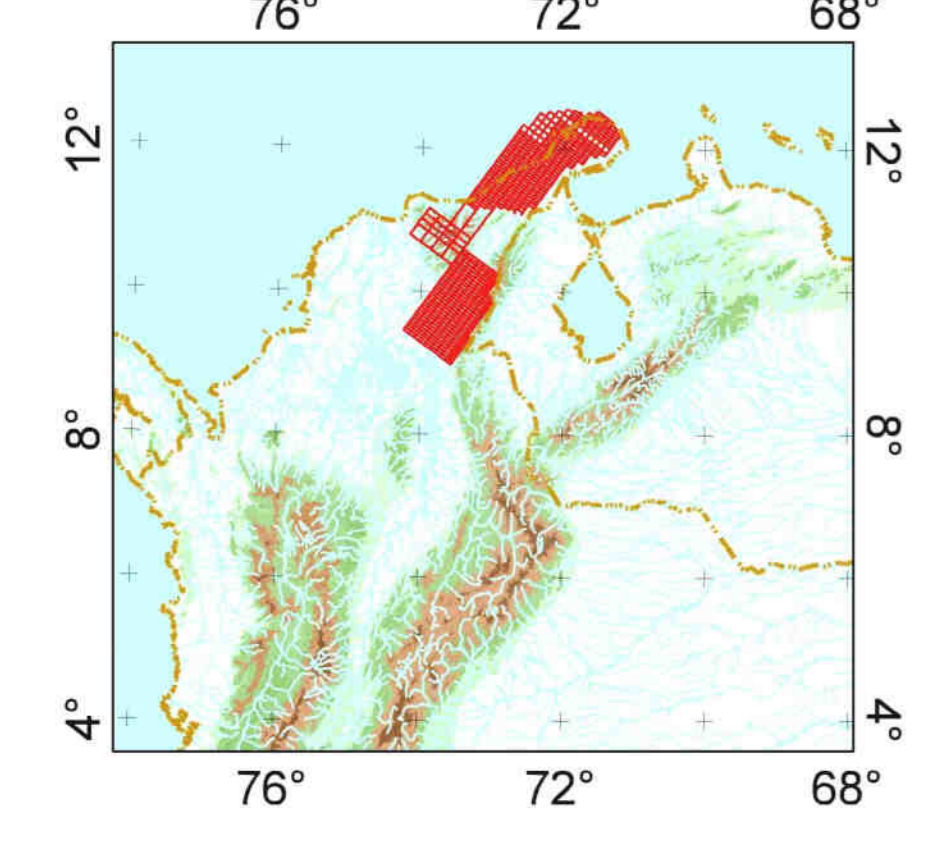
Figura 18

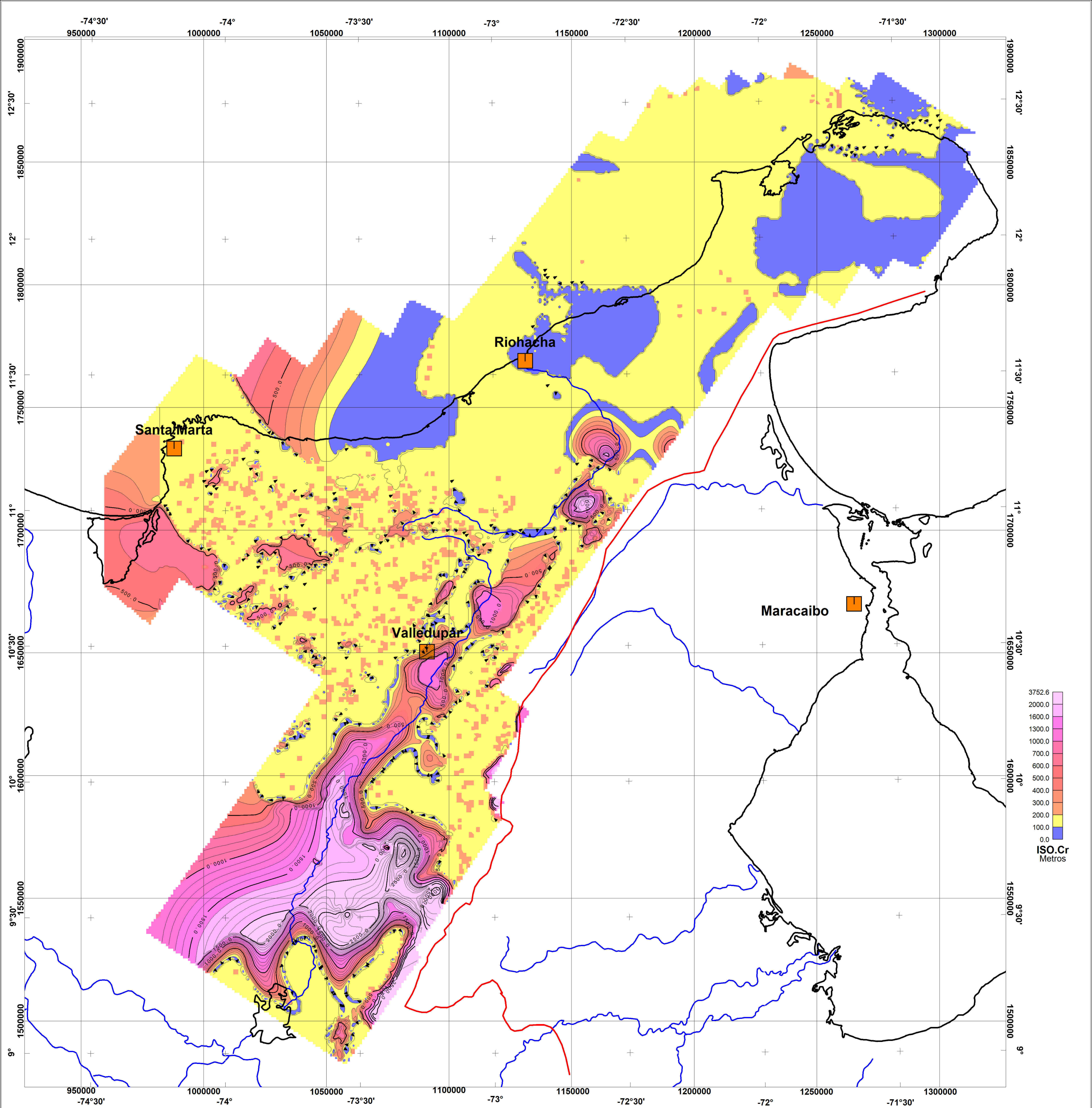
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 INTERPRETACION ESTRUCTURAL BASE DEL TERCIARIO
 (Incluyendo los Afloramientos - Referencia NMM)

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

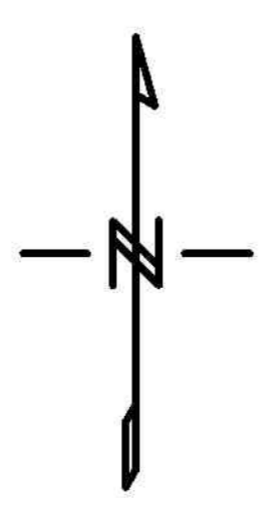
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES


-  TOPCr16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone


Figura 19

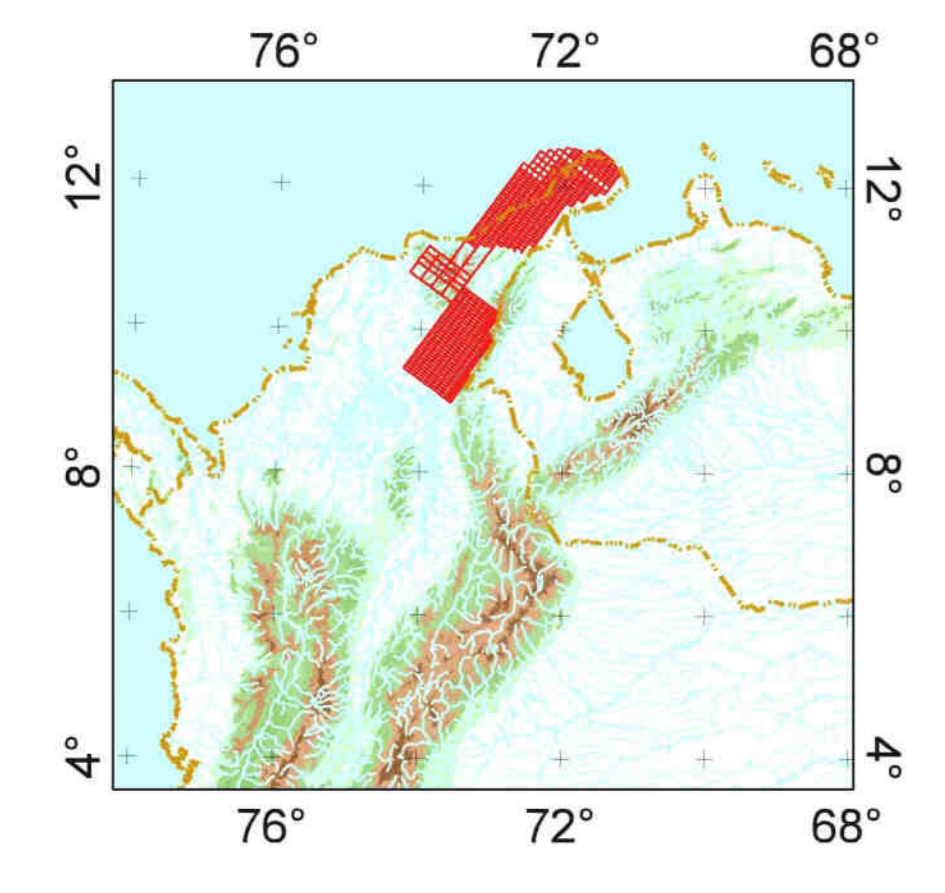
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

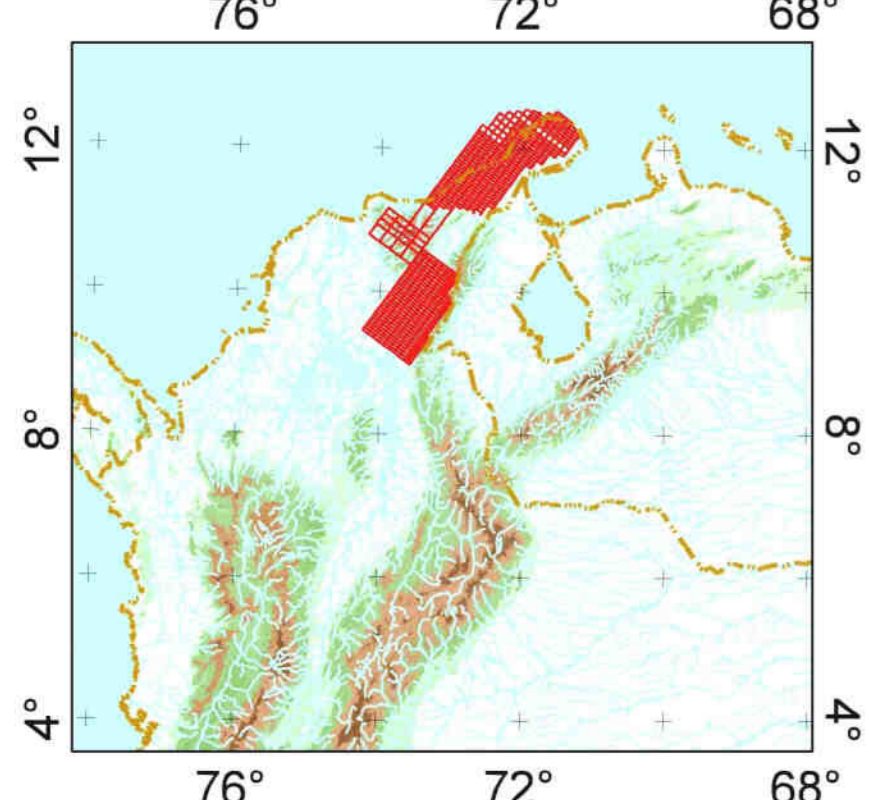
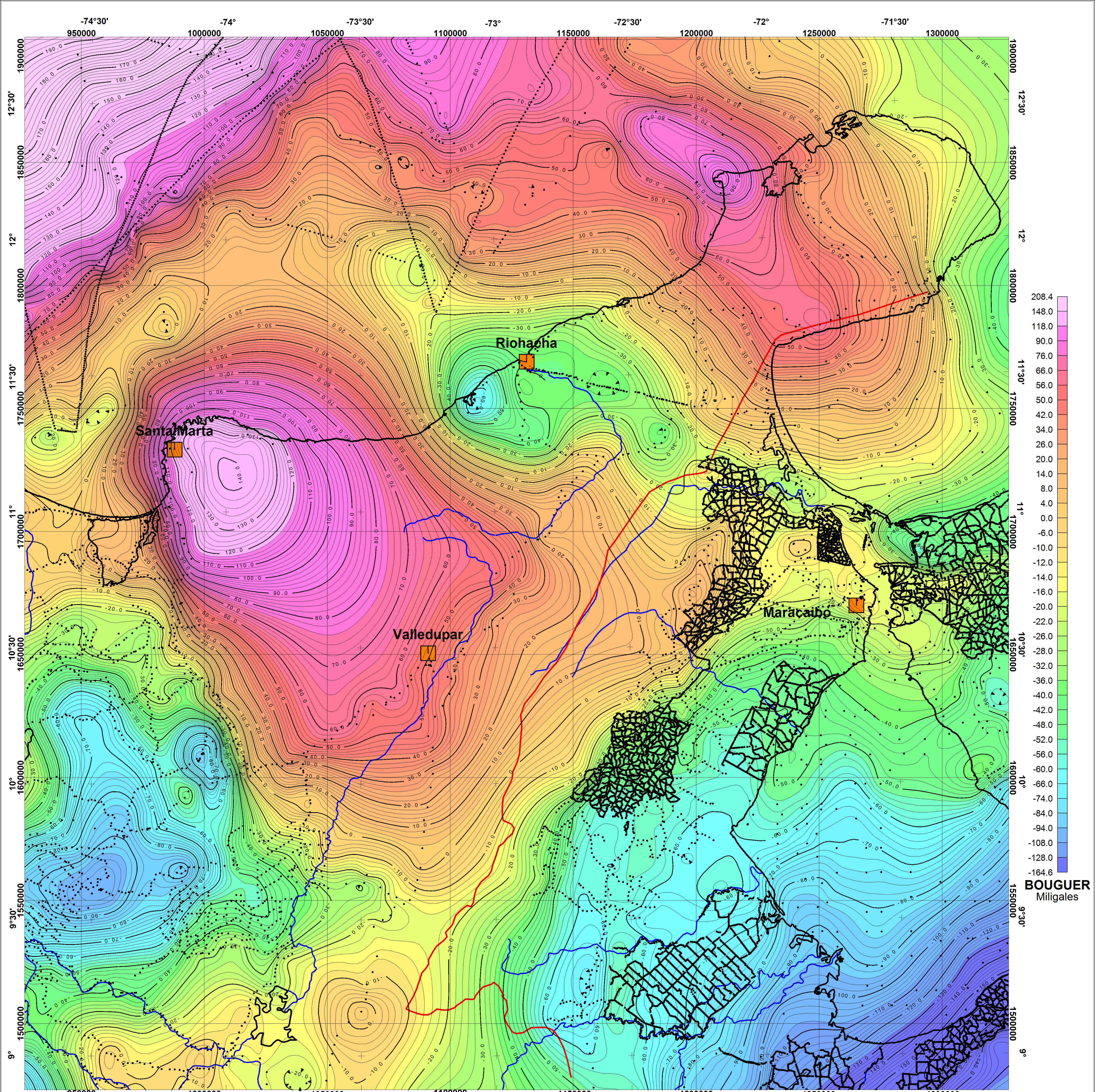
Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

ISOPACO DE SEDIMENTOS CRETACICOS

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

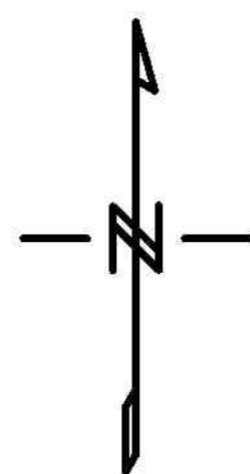
CARSON Helicopters COLOMBIA 



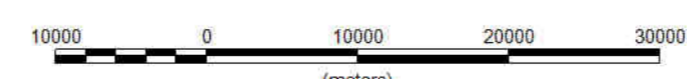


CONVENCIONES

- Punto de Control
- Ciudades
- Línea de Costa
- Rios



Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

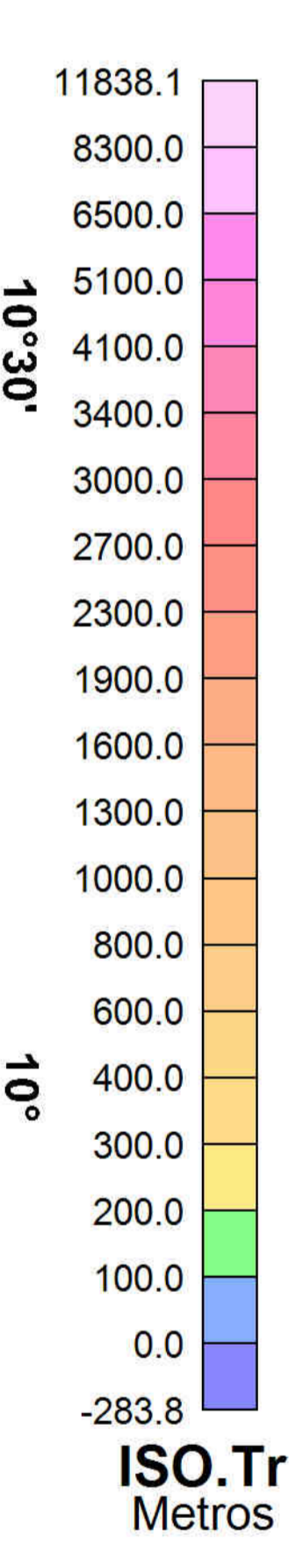
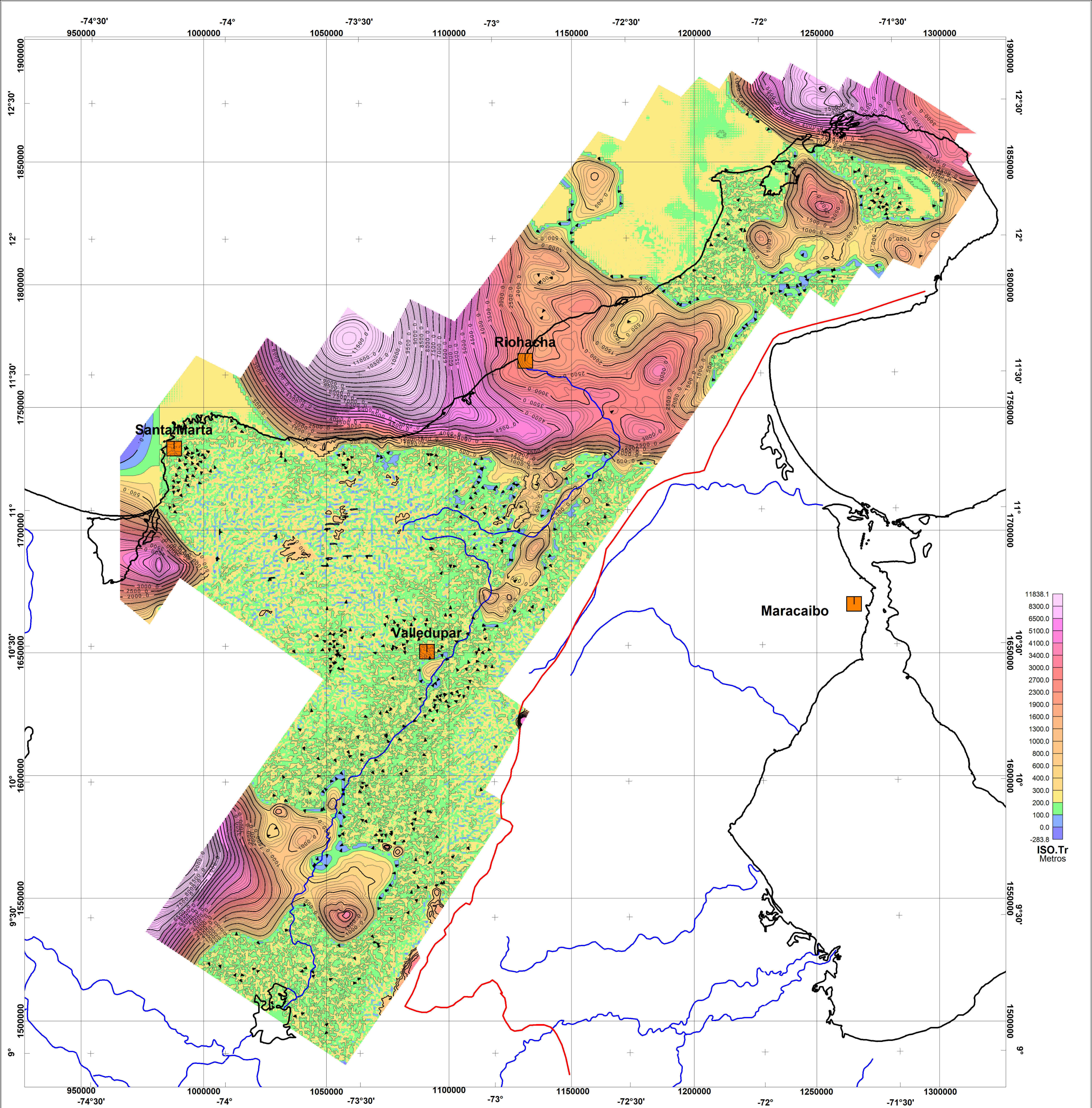
Figura 2

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 MAPA DE ANOMALIA DE BOUGUER (p=2.50 Grs/cc)
 (Datos Terrestres)

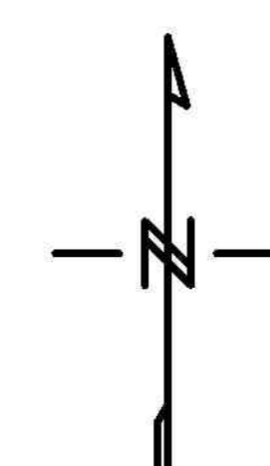
Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA

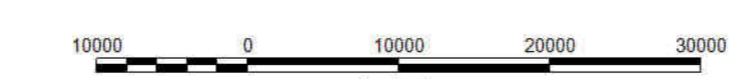


CONVENCIONES

-  TOPCr16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000




Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

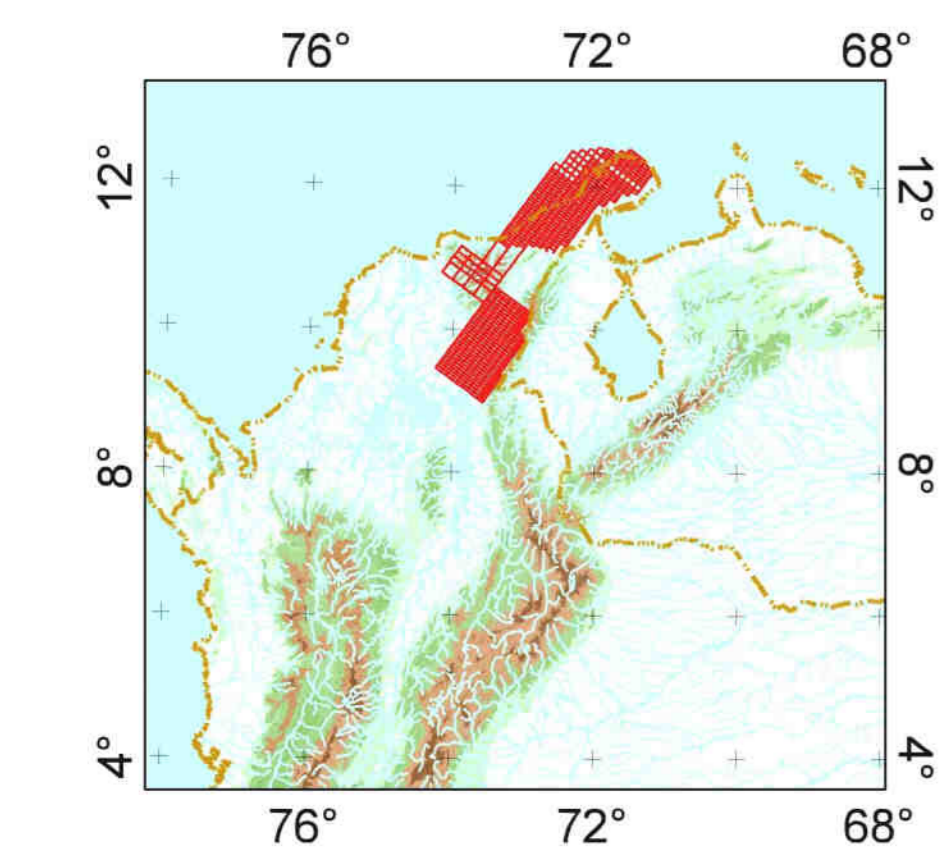
Figura 20

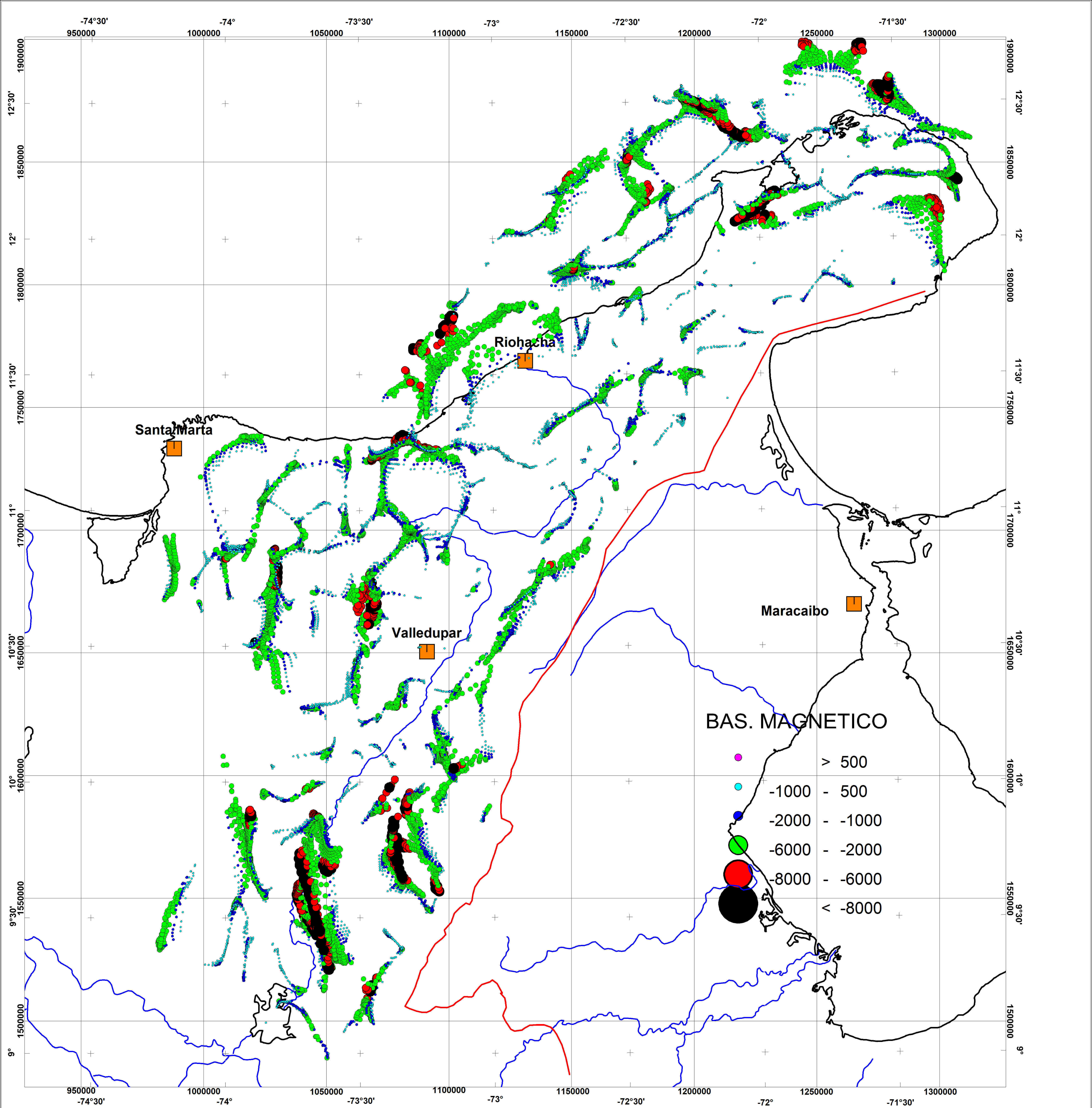
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
ISOPACO DE SEDIMENTOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 



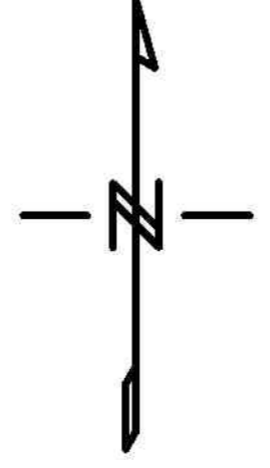


BAS. MAGNETICO

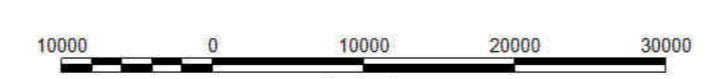
- > 500
- -1000 - 500
- -2000 - -1000
- -6000 - -2000
- -8000 - -6000
- < -8000

CONVENCIONES

- TOPCr16 Punto de Control
- Ciudades
- Línea de Costa
- Rios



Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

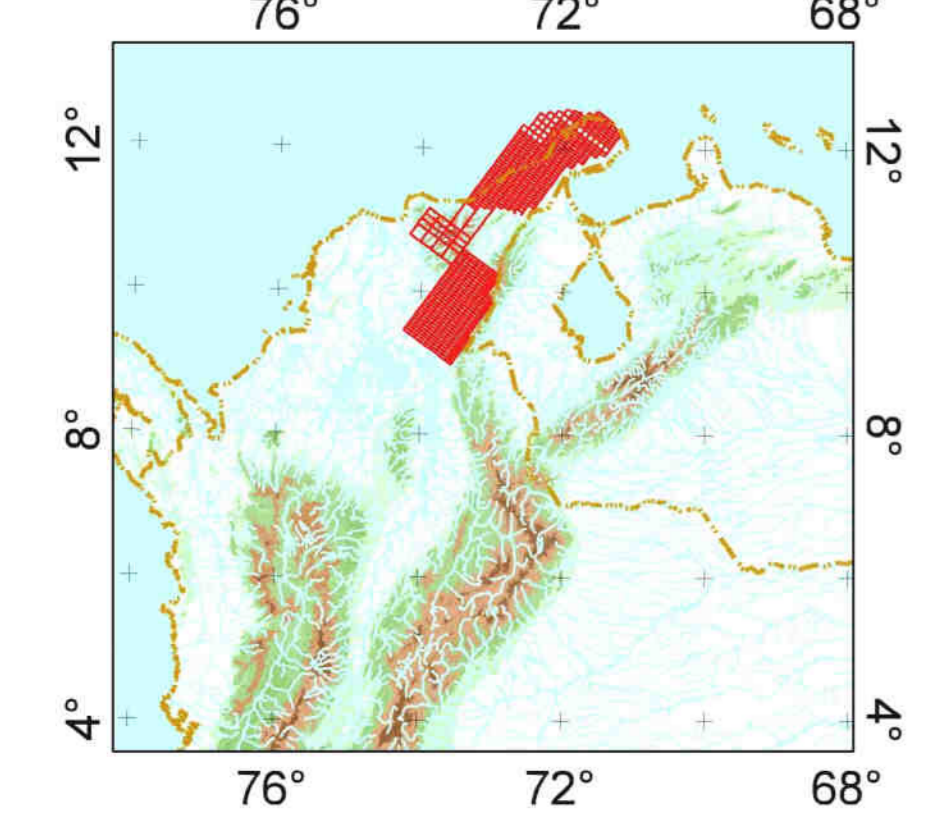
Figura 26

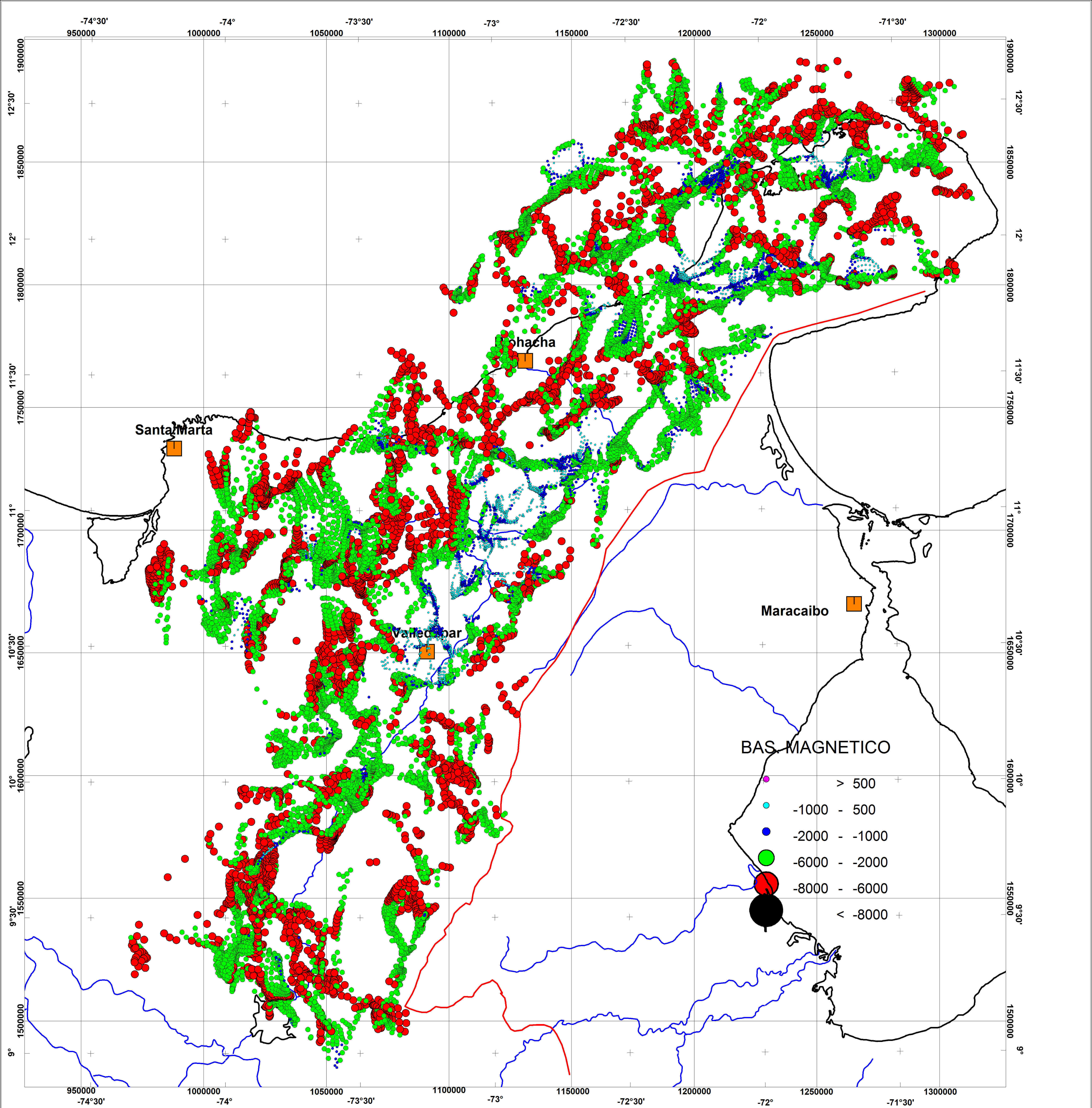
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 BASAMENTO MAGNETICO (Sol. de EULER)
 SI=0.0 - CONTACTO MAGNETICO

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

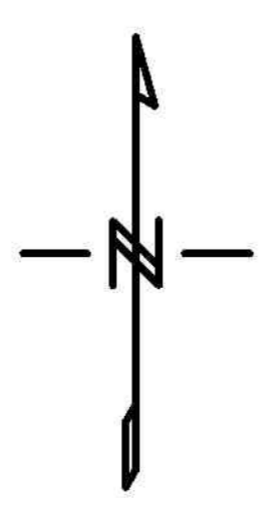
CARSON Helicopters COLOMBIA





CONVENCIONES

-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000


Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

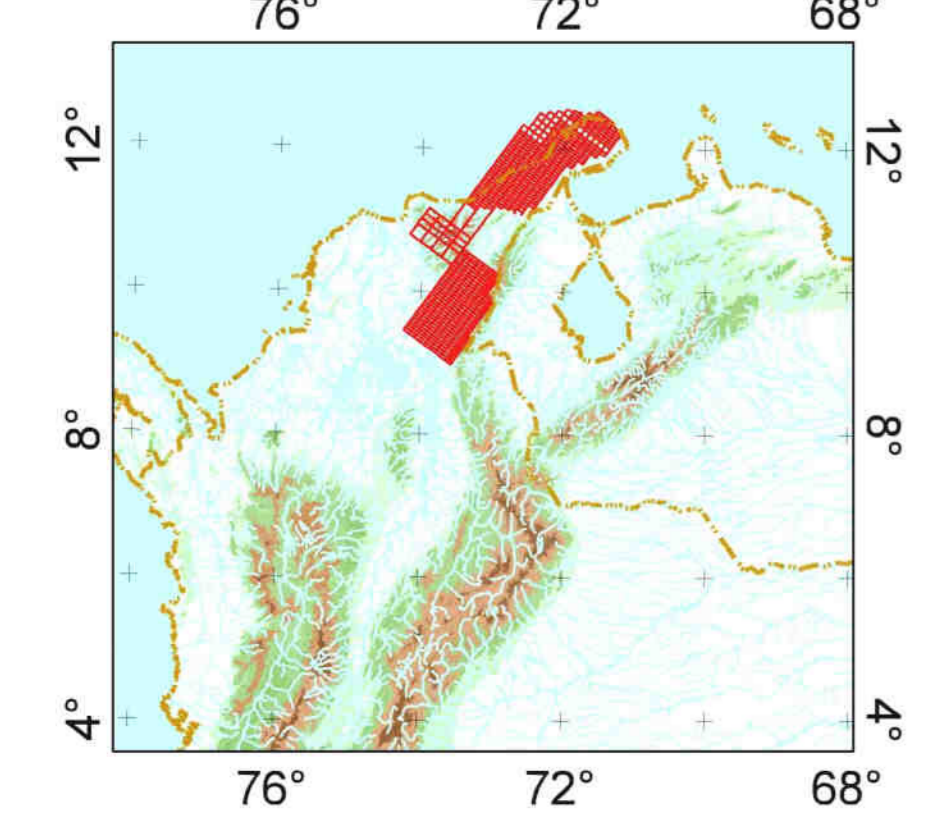
Figura 27

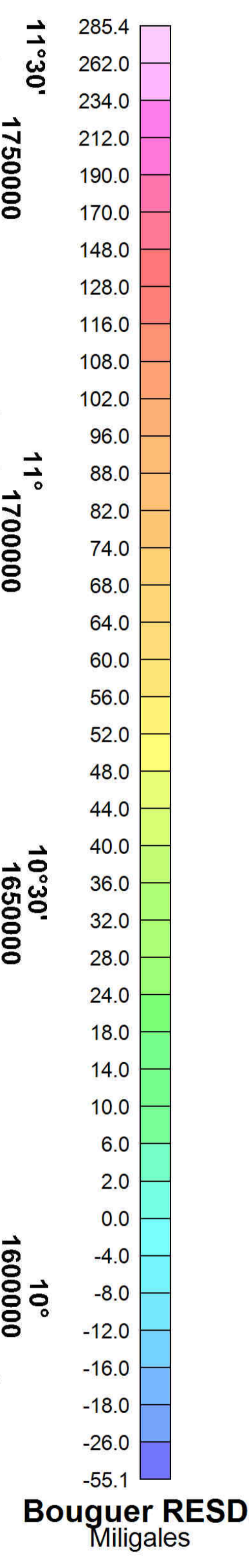
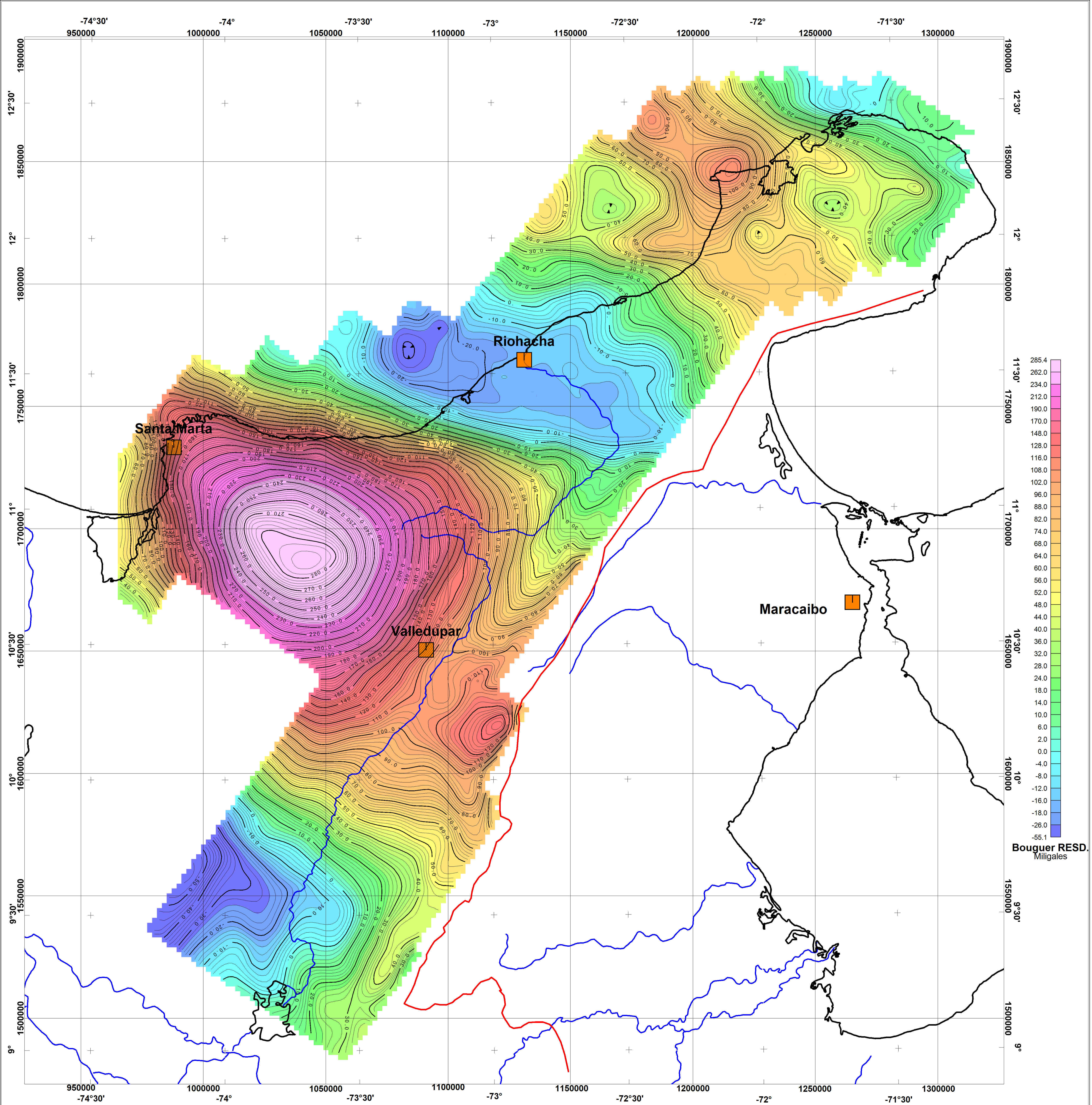
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 BASAMENTO MAGNETICO (Sol. de EULER)
 SI=1.0 - DIQUE MAGNETICO





Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

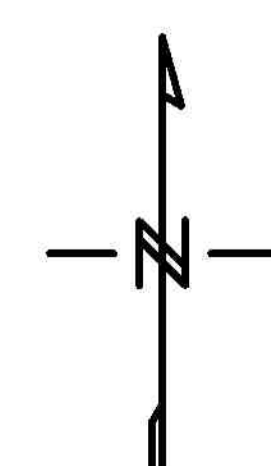
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES


-  TOPC16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone


Figura 28

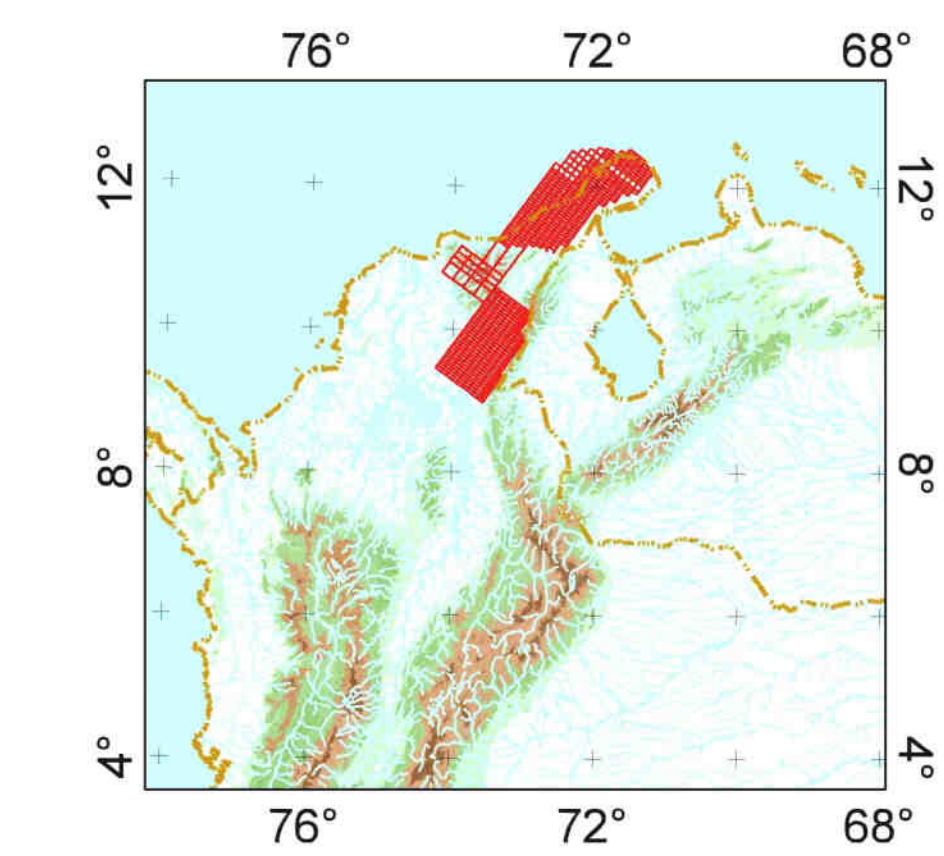
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

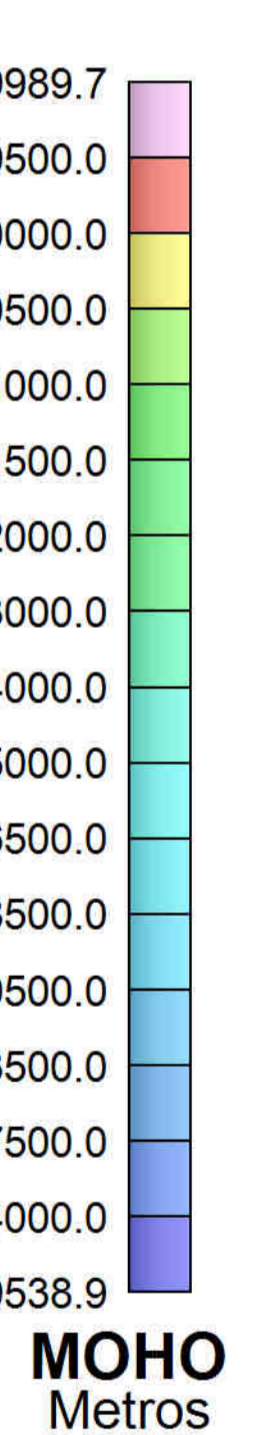
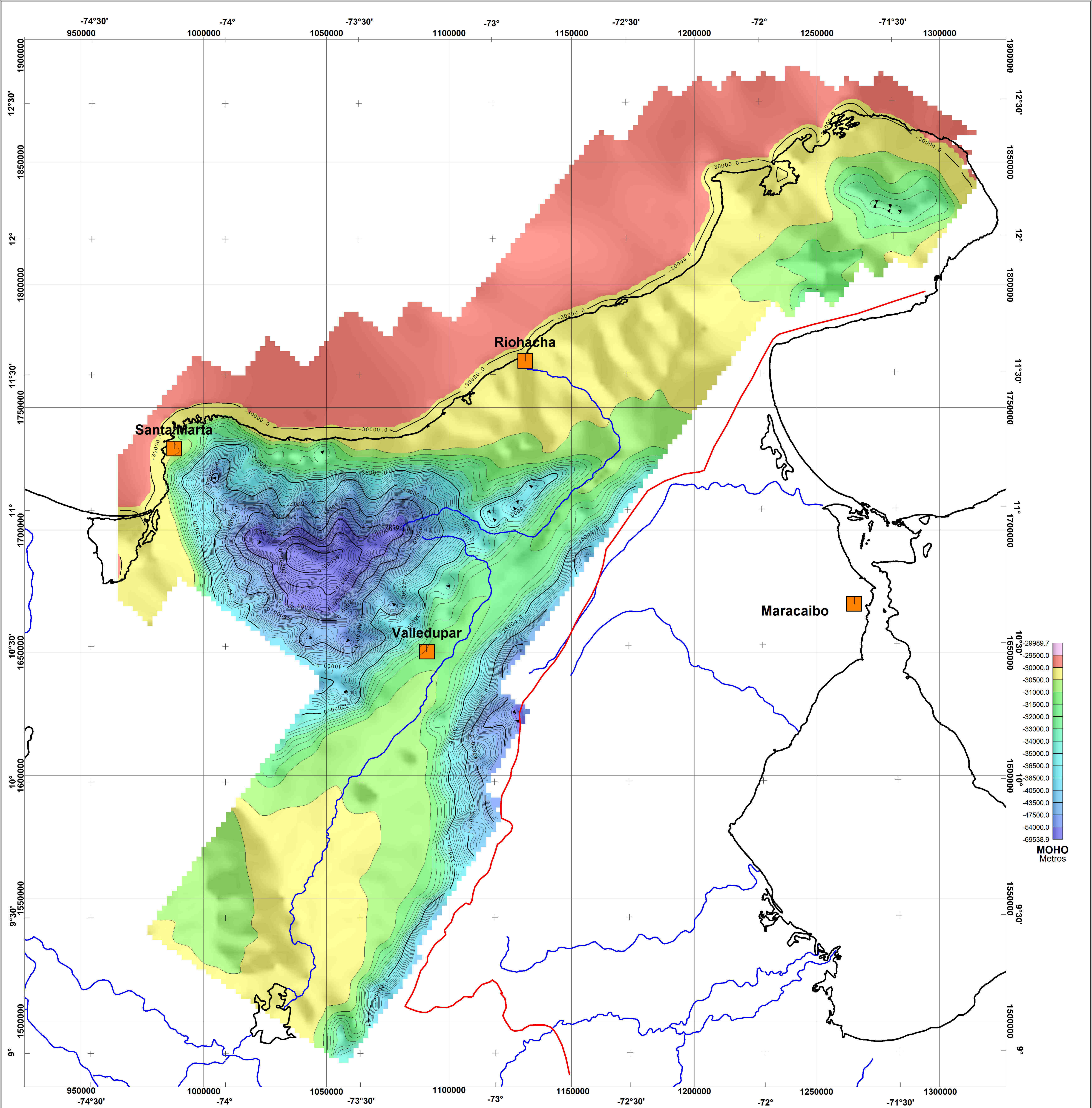
Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

BOUGUER RESIDUAL ISOSTATICO

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas Fecha : Julio 2007

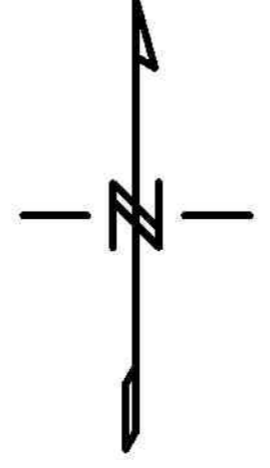
CARSON Helicopters COLOMBIA 



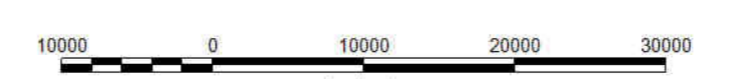


CONVENCIONES

-  TOPCr16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

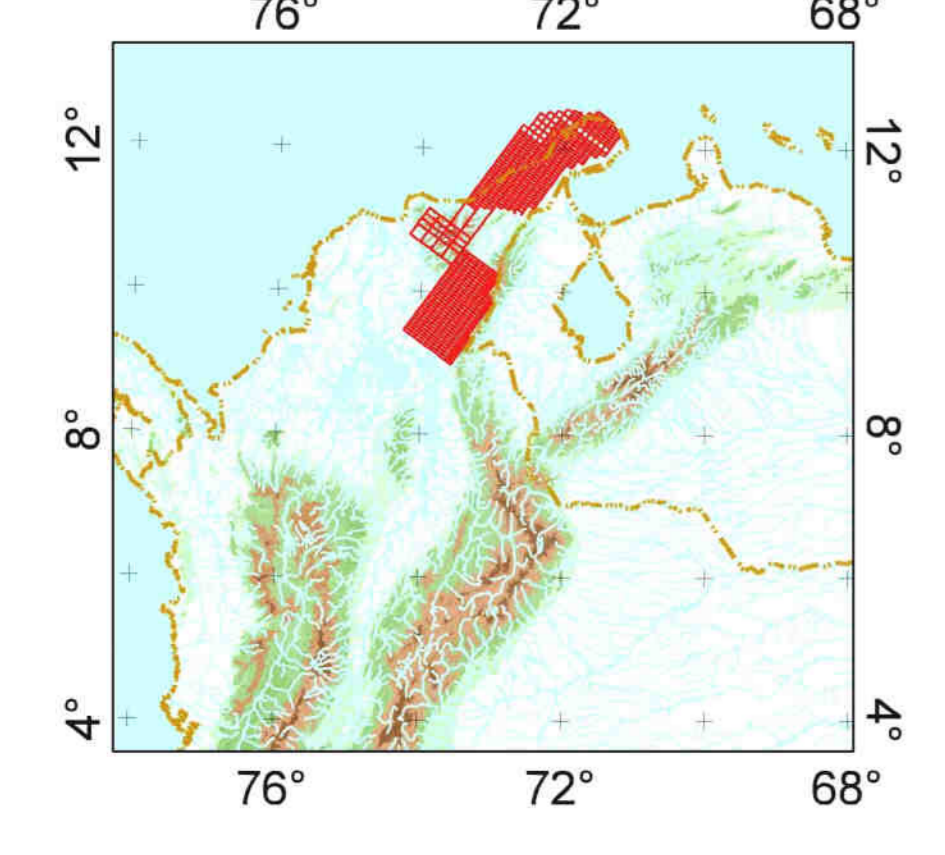
Figura 29

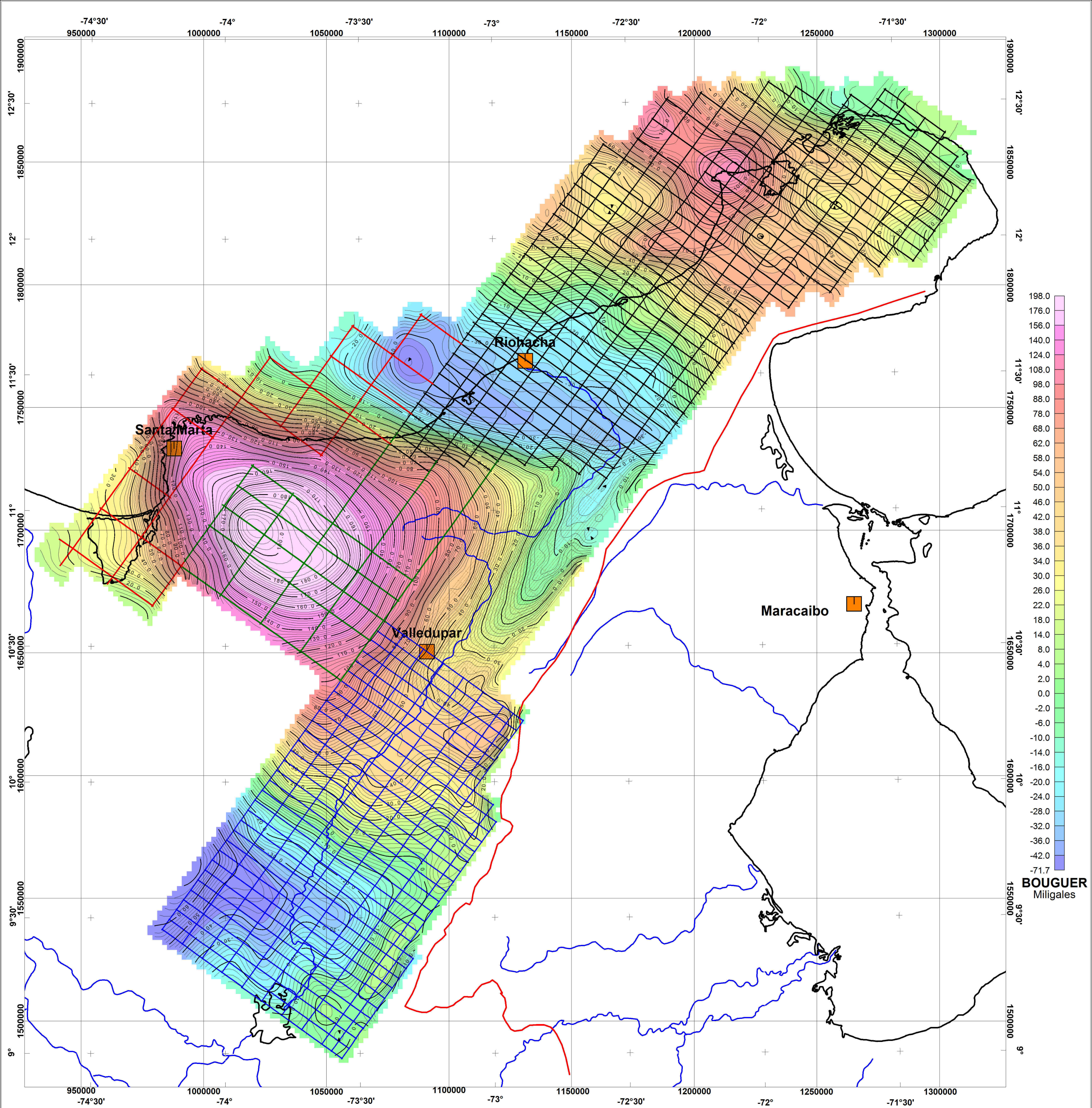
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
TOPE del MOHO





Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

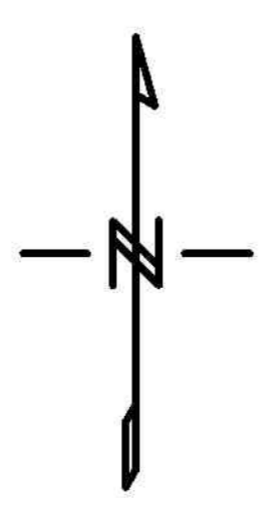
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES


-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios



Scale 1:500000


Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

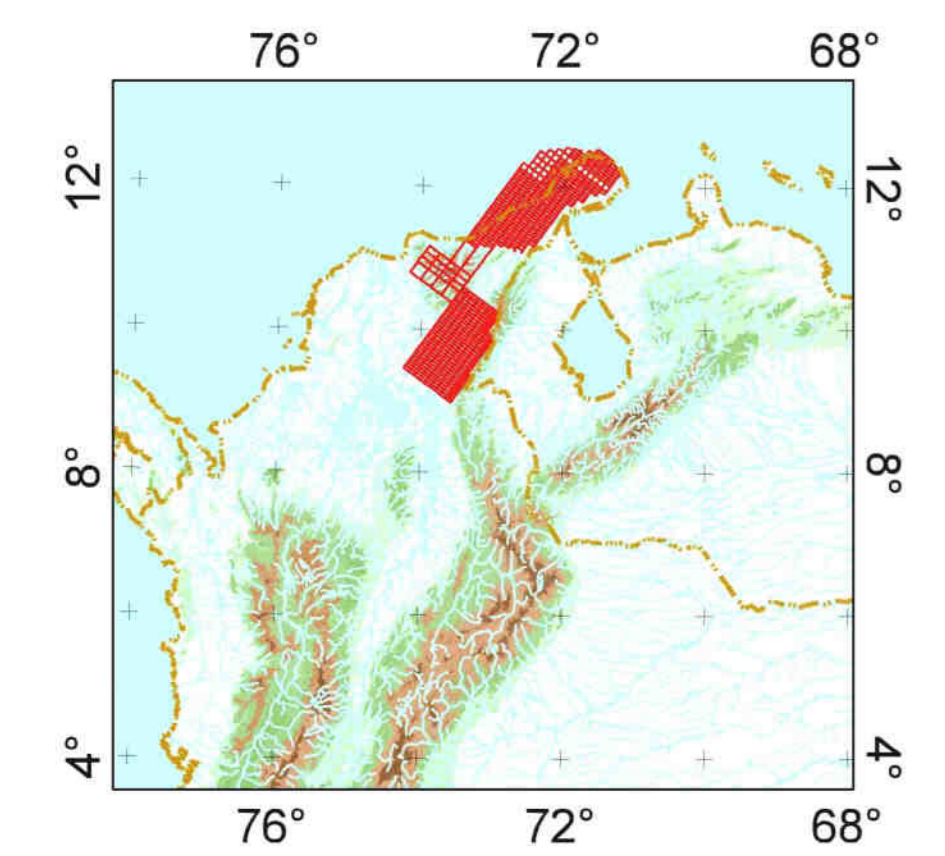
Figura 3

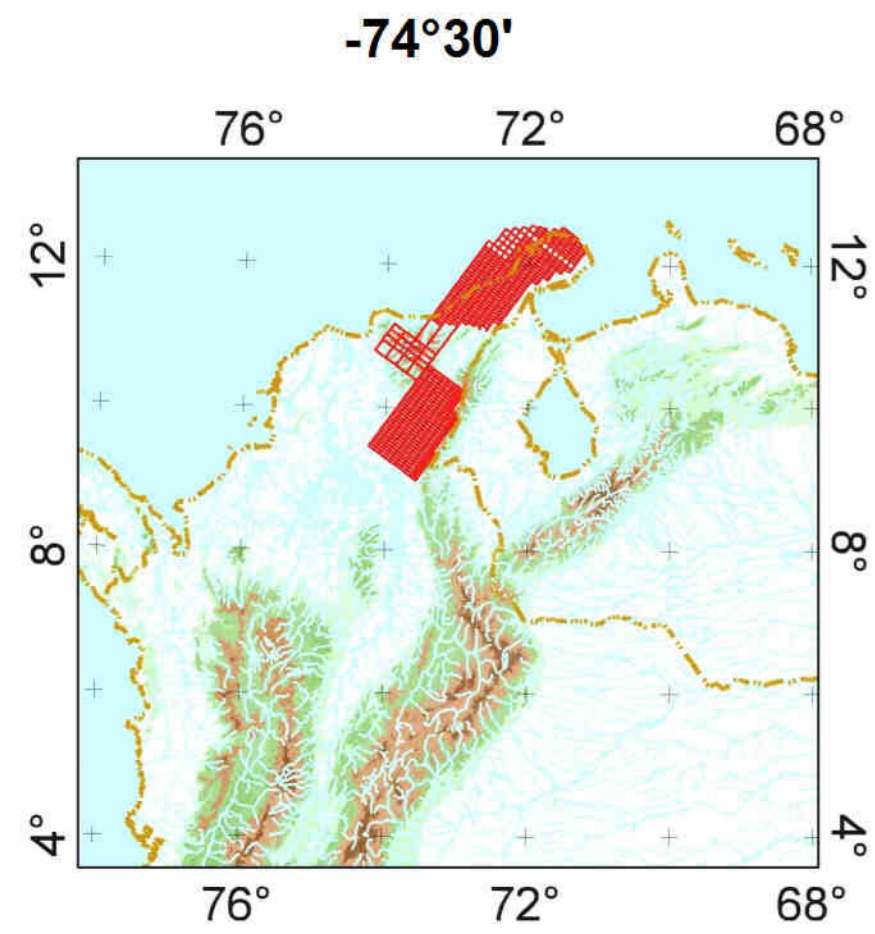
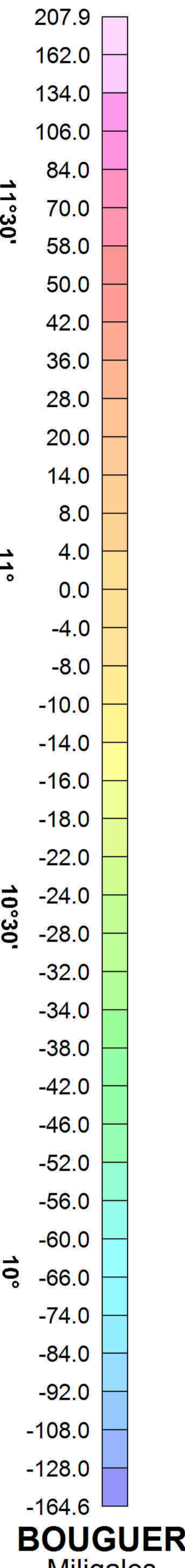
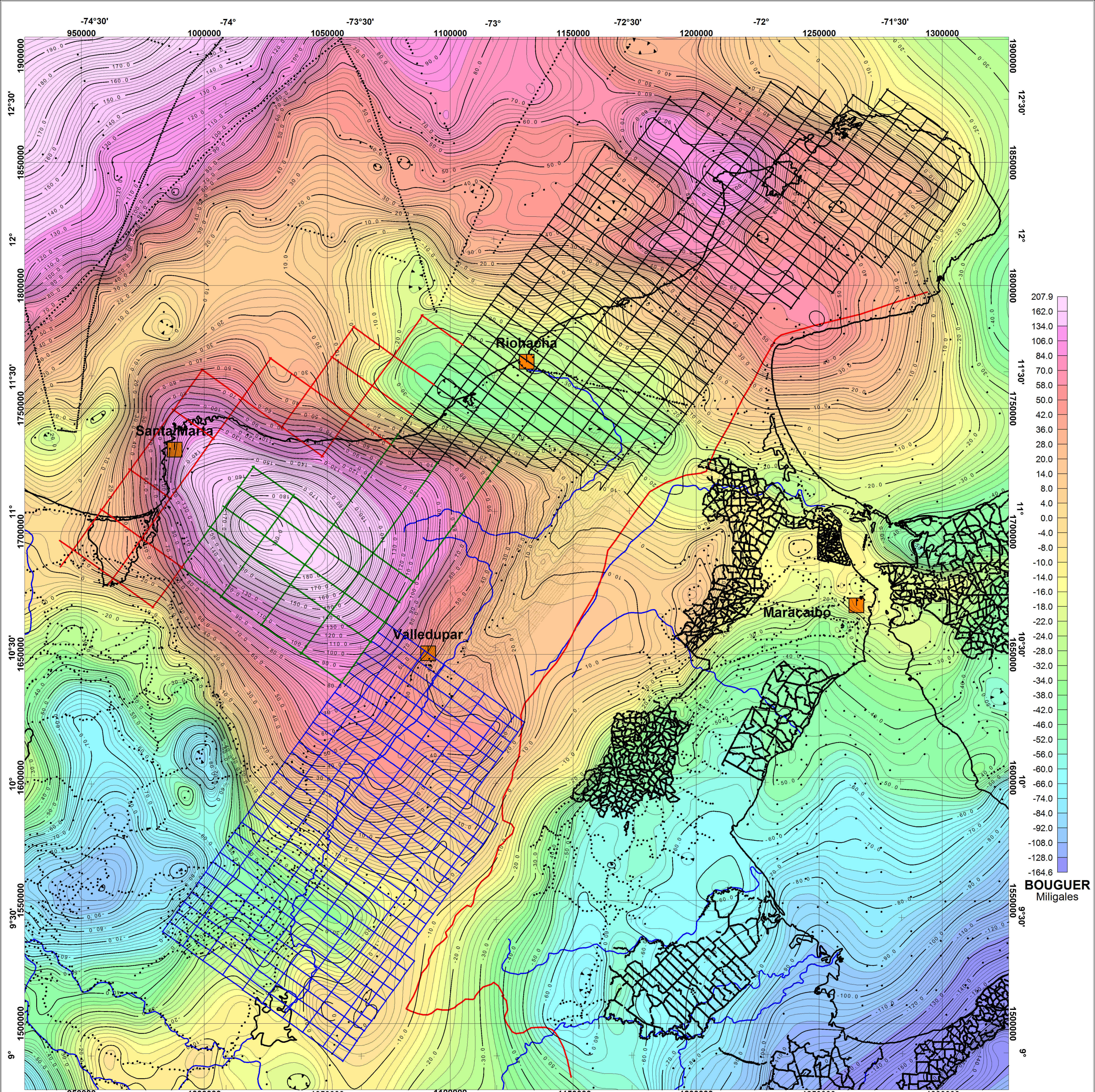
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 MAPA DE ANOMALIA DE BOUGUER (p=2.50 Grs/cc)
 (Datos Aereos)





Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

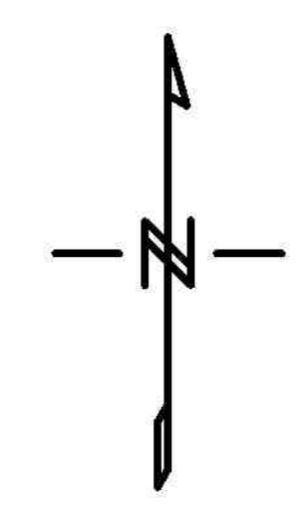
CARSON Helicopters COLOMBIA 



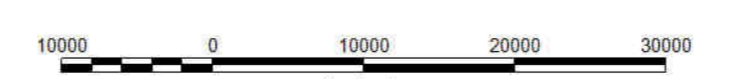


CONVENCIONES

-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000




Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

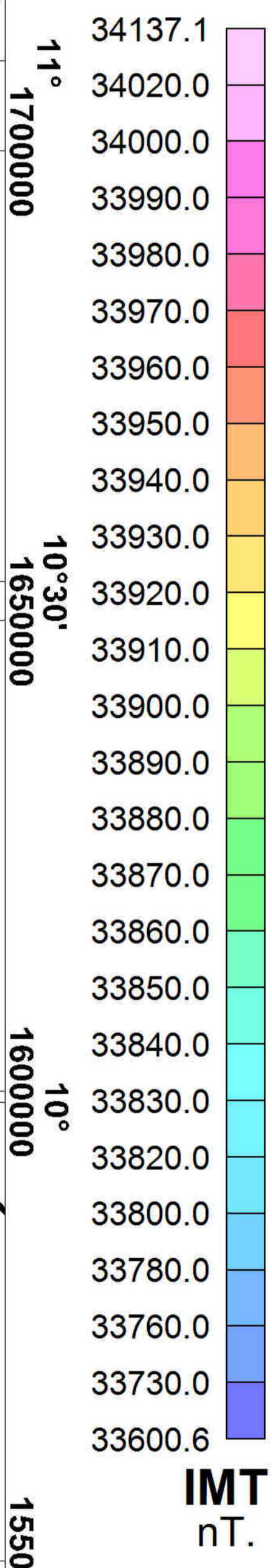
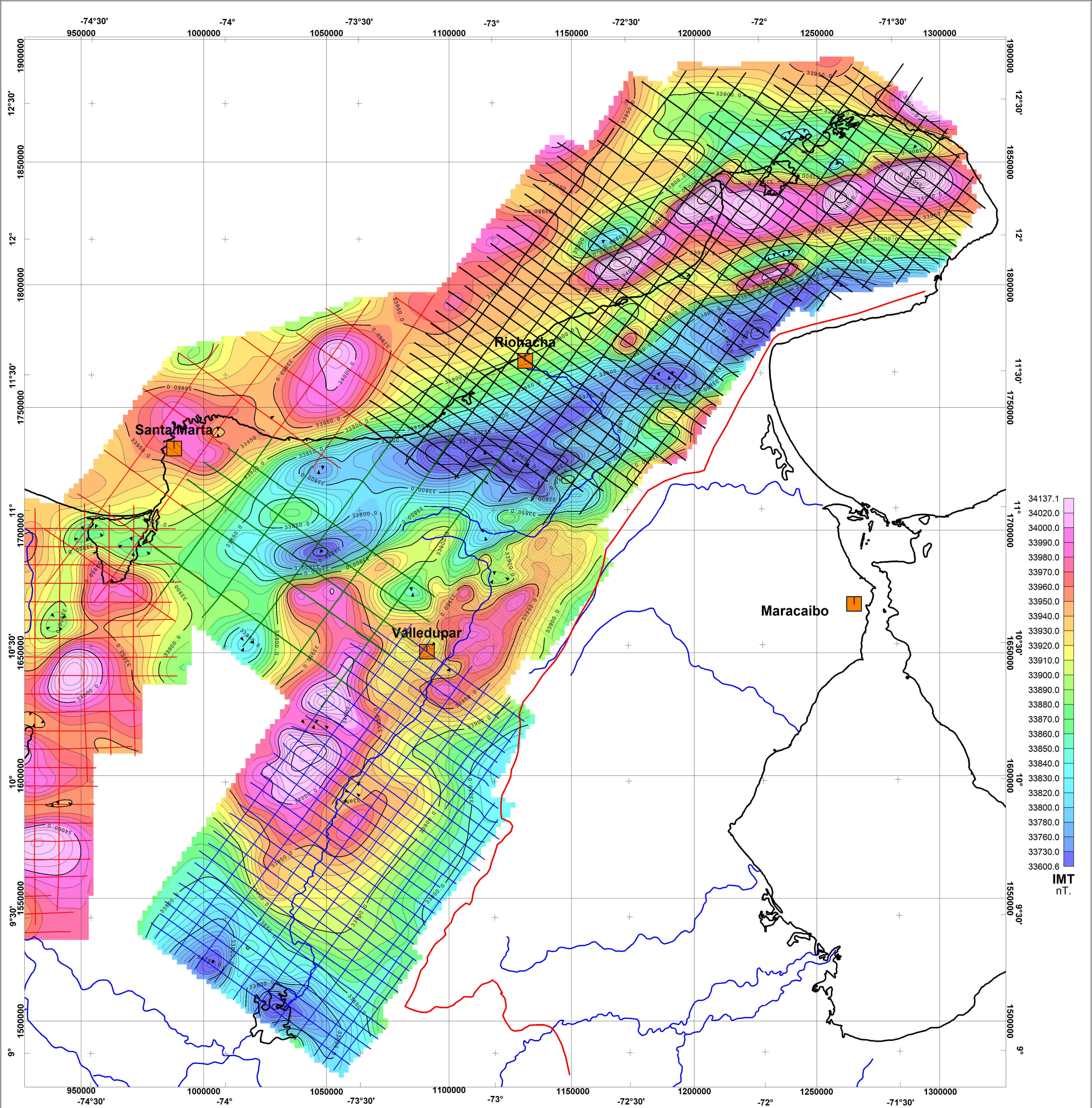
Figura 4

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 MAPA DE ANOMALIA DE BOUGUER (p=2.50 Grs/cc)
 (Datos Aereos y Terrestres)

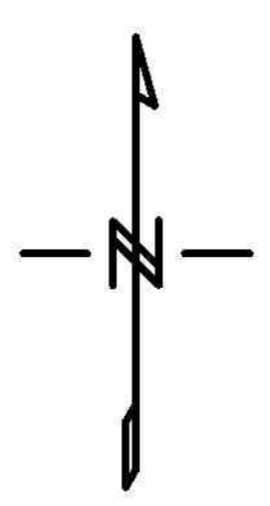
Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 

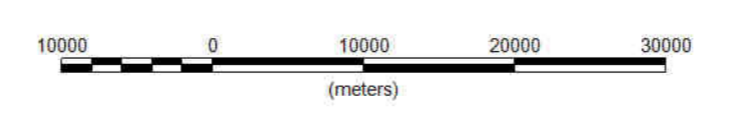


CONVENCIONES

-  TOPCr16
-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

Figura 5

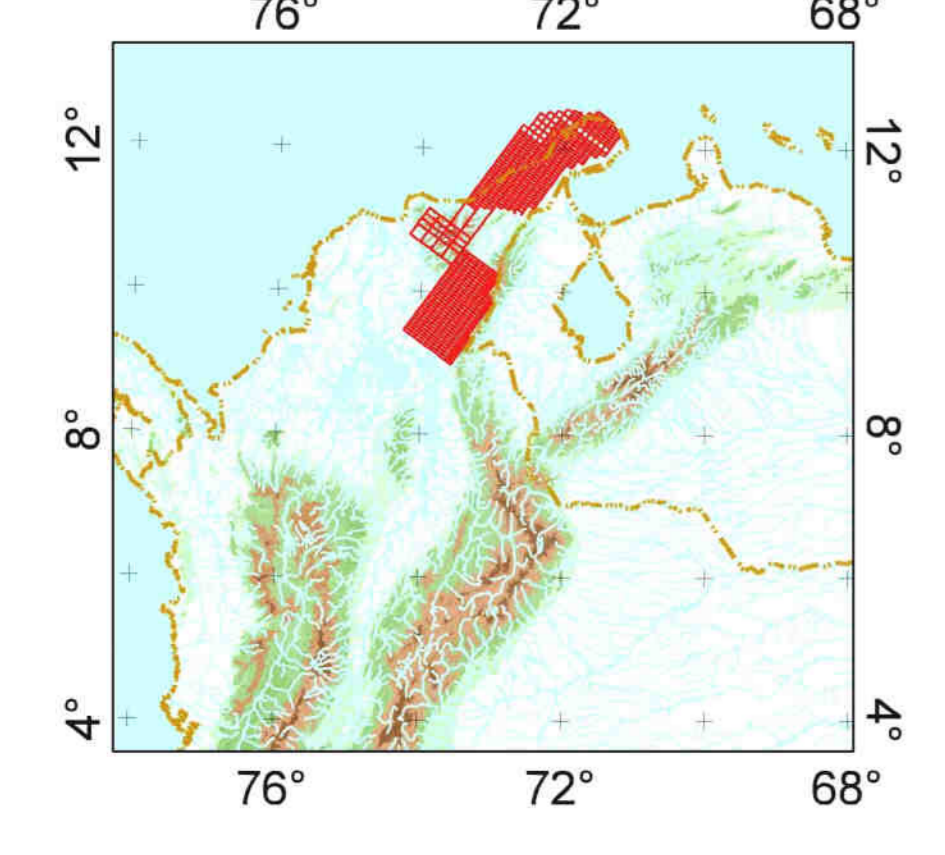
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

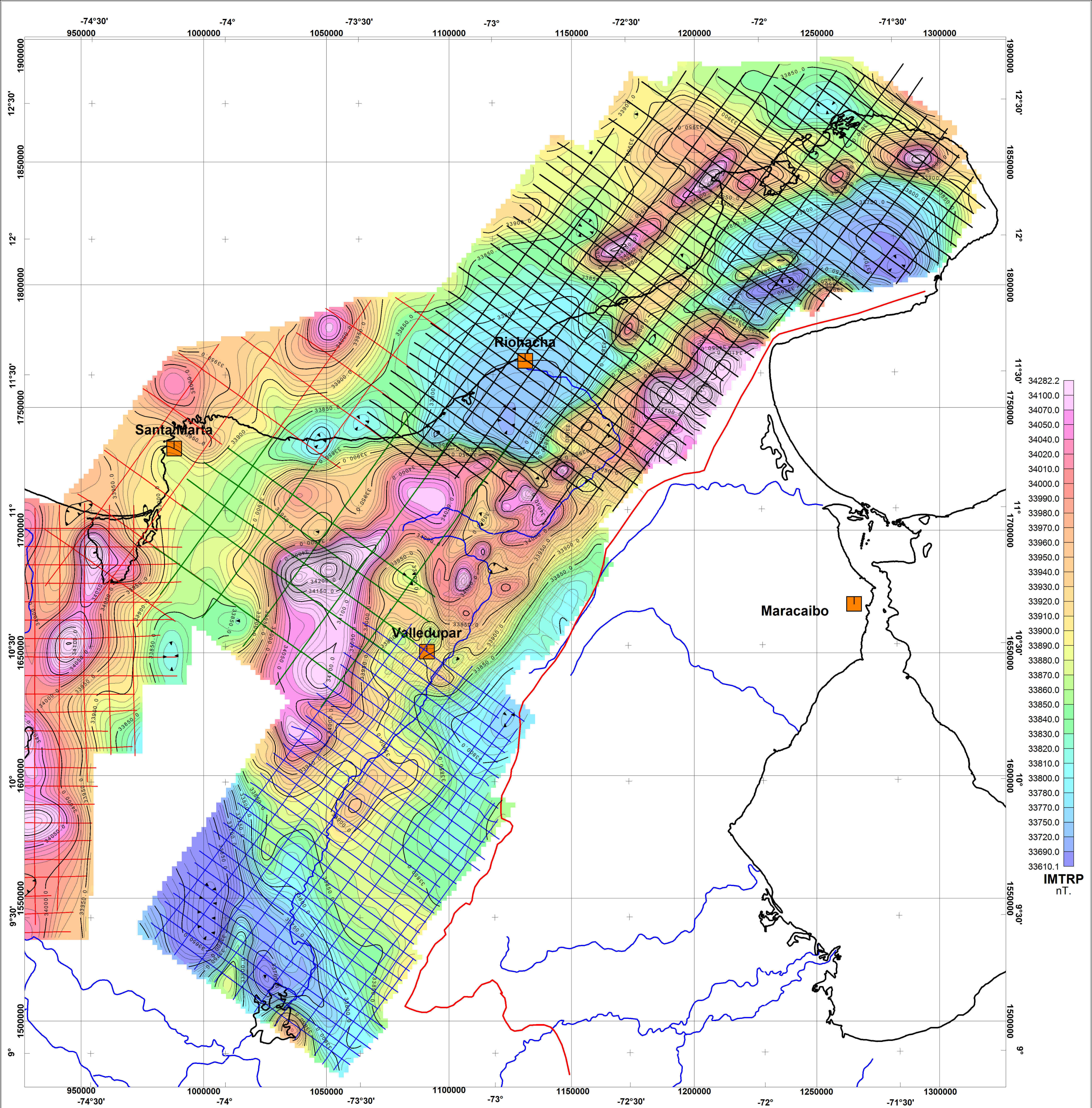
Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

MAPA DE INTENSIDAD MAGNETICA TOTAL (IMT)

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

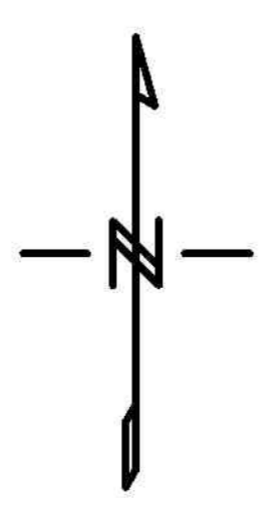
CARSON Helicopters COLOMBIA 





CONVENCIONES

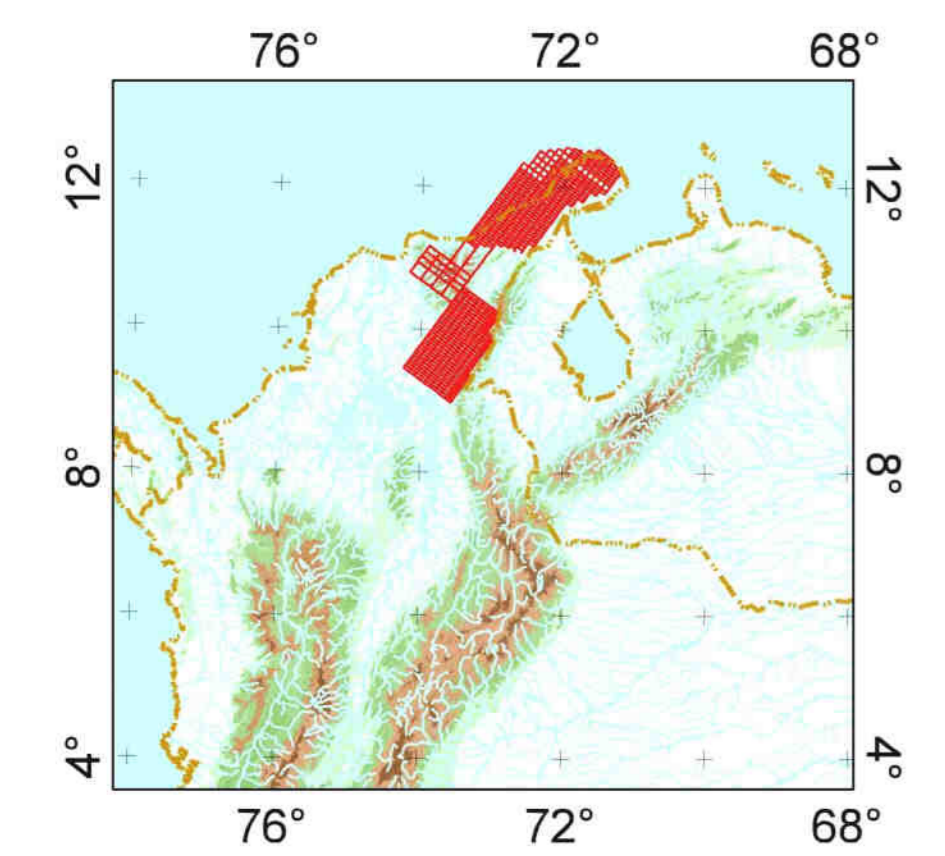
-  TOPCr16 Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone


Figura 6

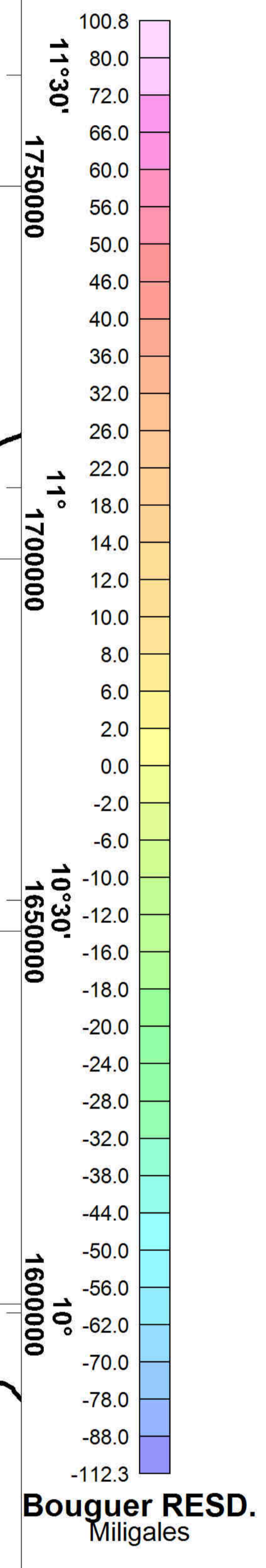
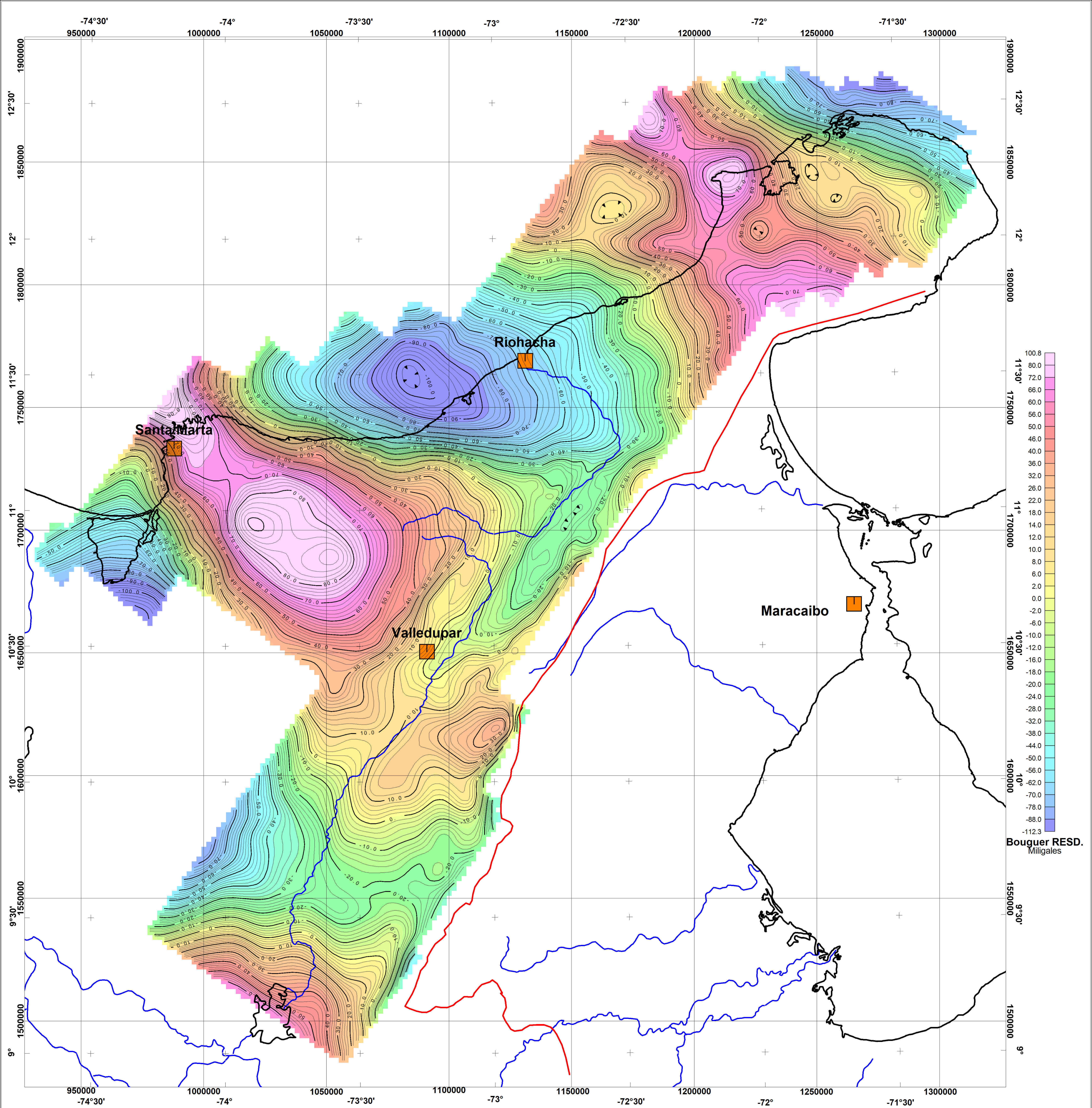


AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA
 MAPA DE INT. MAGNETICA TOTAL REDUCIDA AL POLO (IMTRP)

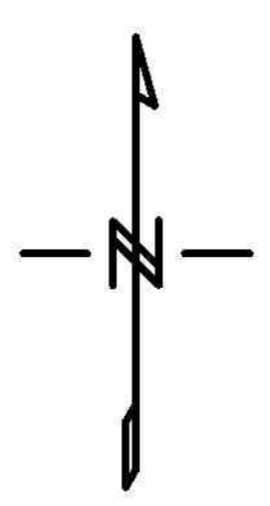
Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 



CONVENCIONES

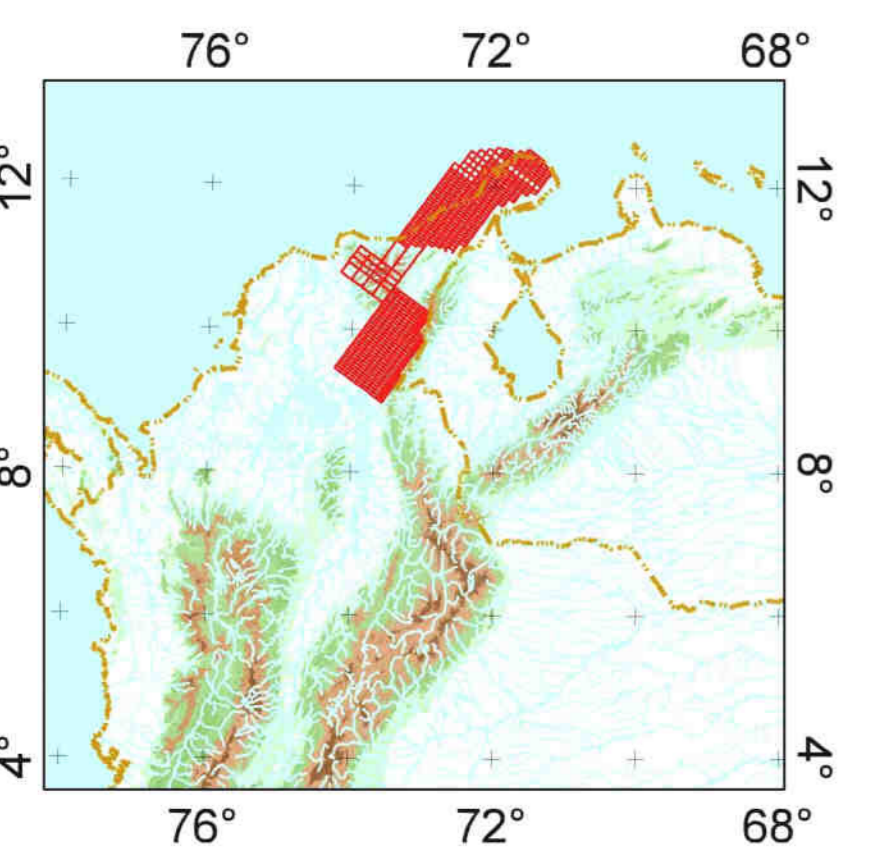
-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

Figura 7




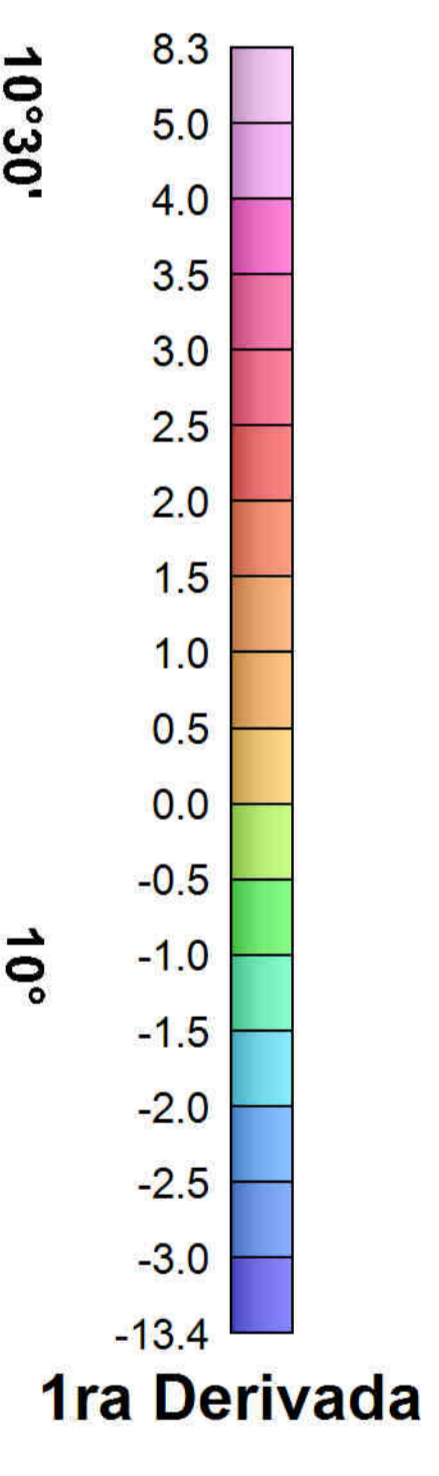
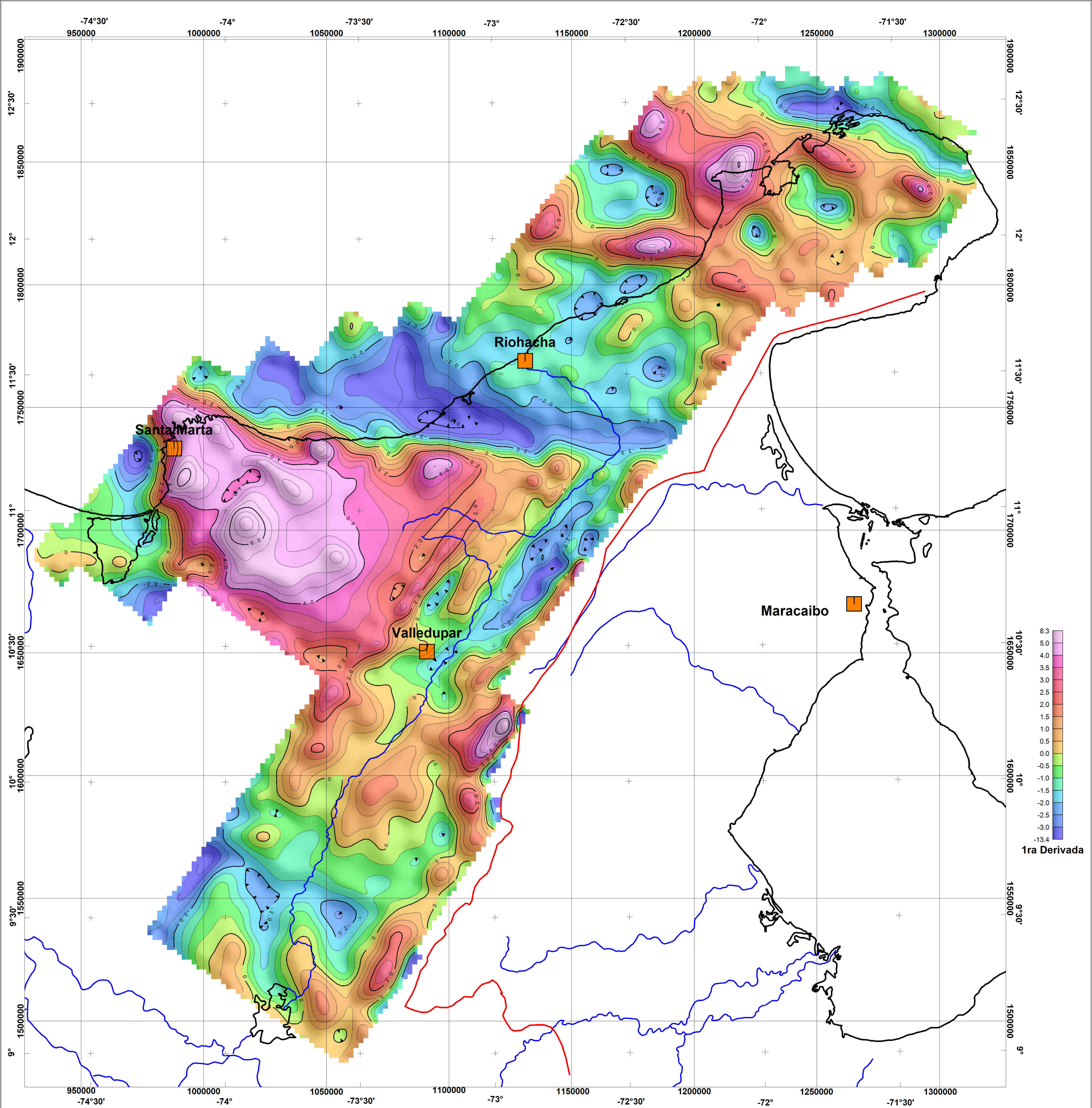
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

BOUGUER RESIDUO POLINOMICO DE GRADO 3

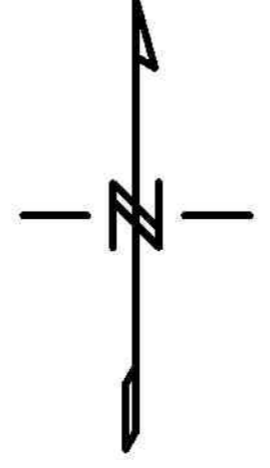
Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas Fecha: Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 



CONVENCIONES

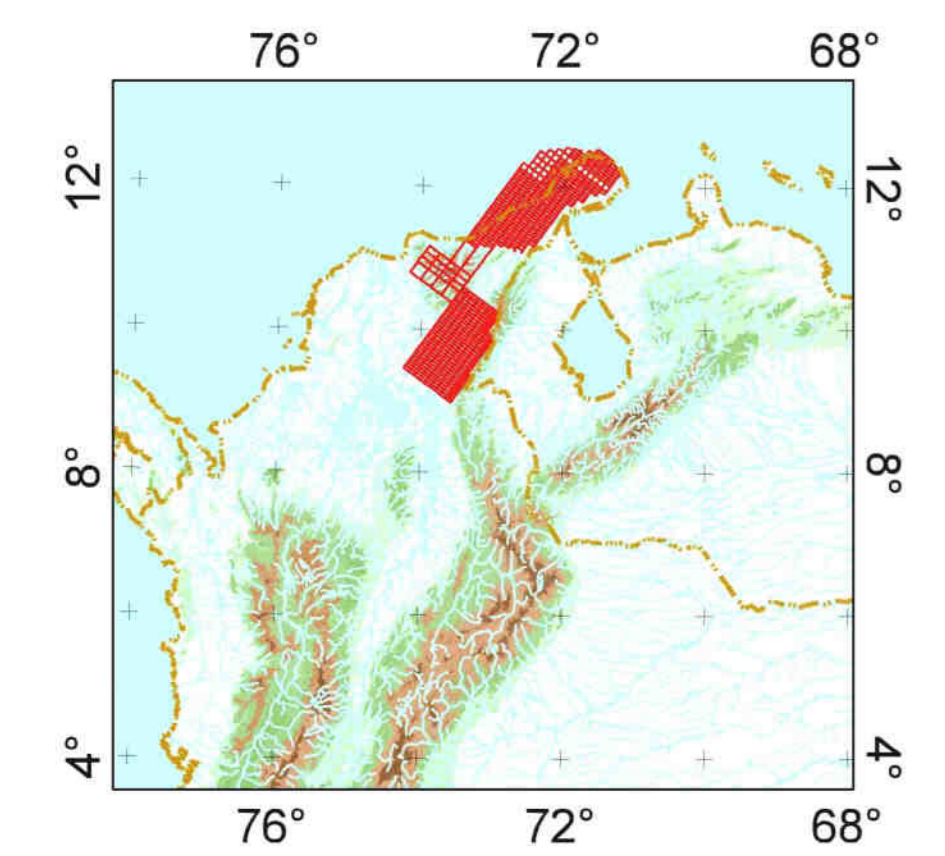
-  TOPCr16
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios
-  Punto de Control



Scale 1:500000

Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

Figura 8



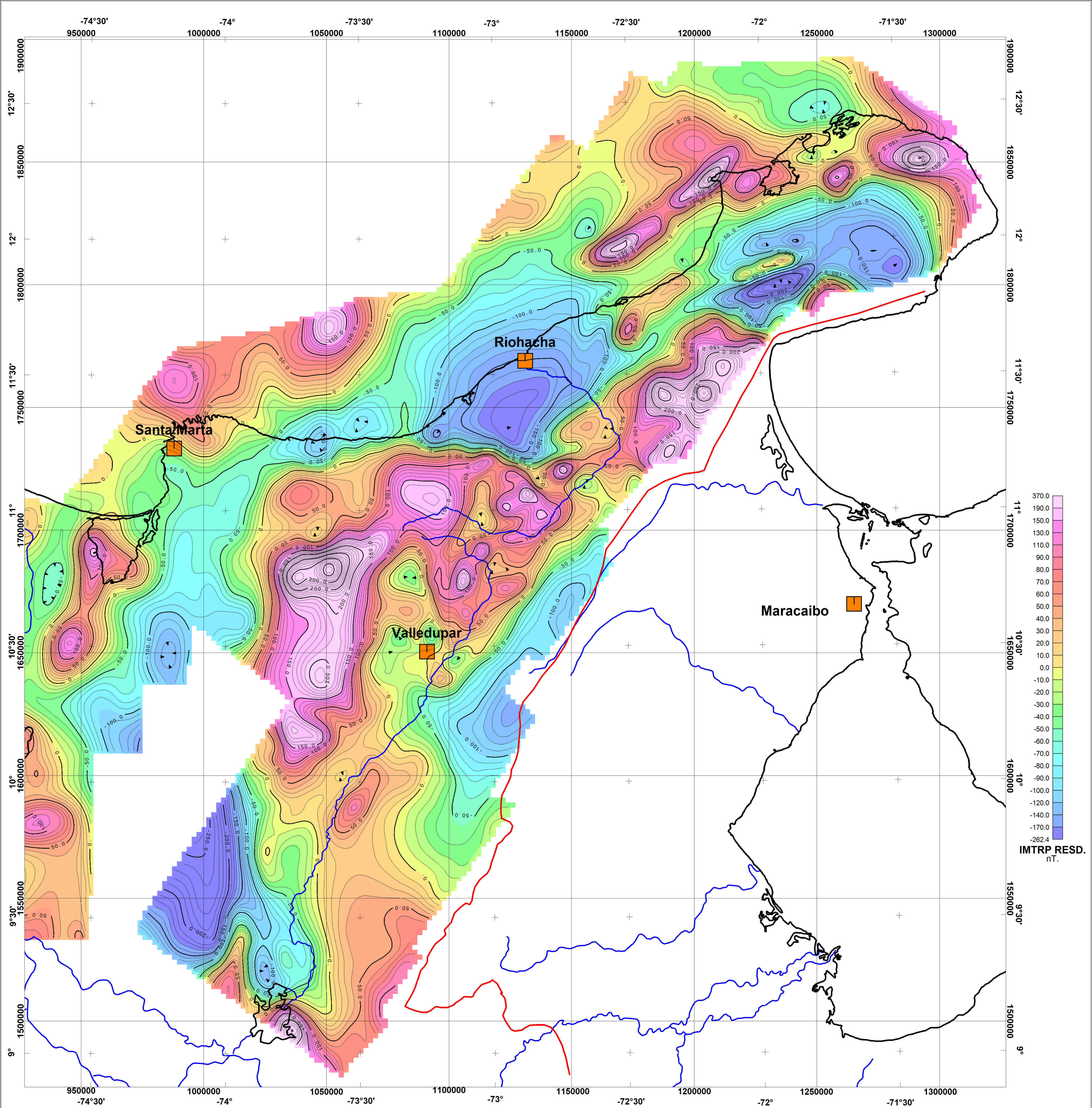
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

BOUGUER 1ra DERIVADA VERTICAL

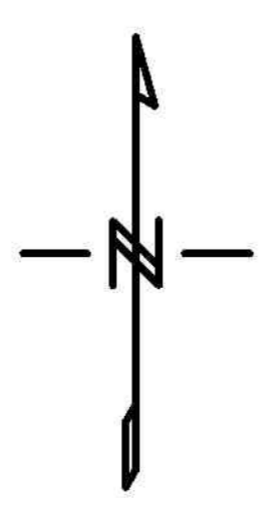
Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 

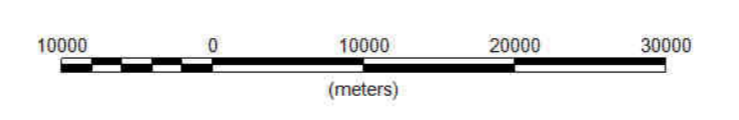


CONVENCIONES

-  TOPCr16
-  Punto de Control
-  Ciudades
-  Línea de Costa
-  Rios




Scale 1:500000



Bogota MAGNA / Colombia Bogota zone

Figura 9

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH) 

Interpretación Aeromagnetogravimétrica de CESAR-RANCHERIA

IMTRP RESIDUO POLINOMICO DE GADO 3

Interpretado Por: V. Graterol - A. Vargas FEcha : Julio 2007

CARSON Helicopters COLOMBIA 