



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture



INTERIM REPORT

Generación de modelos digitales de elevación a partir
de imágenes **RADARSAT**
(método radargramétrico)

Sandra Lorena Bolaños Arias, Grégoire Leclerc.
July 1999

GIAR

Consultative Group on International Agricultural Research

G
70
.28
B6

G
70
.78
B6

INTRODUCCIÓN

102783

La cartografía, y de forma más general el manejo de datos espaciales, se encuentra en un estado de rápida evolución. Los cambios más trascendentes tienen su origen en los nuevos medio tecnológicos, en los que se ha evolucionado desde un enfoque descriptivo hacia otro explicativo y prospectivo, donde los medio disponibles permiten la realización de modelos cuantitativos.

La mayoría de los objetos geométricos pueden ser descritos de forma completa mediante pocos parámetros. La consecuencia más interesante para nosotros es que su representación mediante modelos puede realizarse sin pérdida de información mediante un número limitado de datos, es decir, son replicables.

En cambio, muchos objetos reales (entre ellos las superficies topográficas) sólo pueden representarse mediante modelos con una pérdida obligatoria de información, más o menos importante en función de la generalización del modelo. Una buena parte de la investigación, se debe al intento de hacer mínima la pérdida de información manteniendo el conjunto de datos necesario para ello dentro de tamaños razonables.

Esta circunstancia se debe a la imposibilidad de descomponer el objeto en formas geométricas simples que lo representen con absoluta fidelidad. Estos objetos tienen algunas propiedades en común, entre las que está la de ser autosimilares, es decir que su apariencia y propiedades (estadísticas y topológicas) permanecen constantes independientemente de la escala de análisis y los objetos que la poseen son denominados escalantes. Debido a ello, puede afirmarse que cualquier modelo ofrecerá resultados dependientes de la escala de medida utilizada y del grado de generalización.

Los Modelos Digitales de Terreno son en este contexto, una generación de modelos simbólicos que se definen como estructuras numéricas de datos que representan la distribución espacial de variables cuantitativas y continuas. En este sentido, los MDT son una herramienta idónea para el estudio y manejo de un buen número de variables geológicas, biológicas y geográficas en cuya naturaleza domina una componente cuantitativa o estadística.

La inclusión de los MDT como soporte básico en la investigación en las ciencias ambientales supone un incremento notable de las posibilidades de trabajo e introduce frecuentemente un cambio cualitativo en el enfoque del mismo. Por este motivo, se hace necesario un esfuerzo para generar métodos, algoritmos, y aplicaciones que permitan con un fundamento claro y sólido resolver problemas difíciles de abordar por métodos convencionales.



MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

Los modelos digitales de terreno son modelos simbólicos, en los que se llega a un nivel superior de abstracción ya que el objeto real queda representado mediante una simbolización matemática, porque las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos¹. La construcción de modelos se realiza para conocer o predecir propiedades que se desconocen del objeto real², y está condicionada principalmente por una buena selección de los factores relevantes para el problema y una adecuada descripción de sus relaciones funcionales, puede valorarse sometiendo los resultados a verificación experimental. El contraste experimental puede servir de mecanismo de realimentación para realizar ajustes, tanto en las relaciones que componen al modelo, como en las relaciones que se establecen entre ellos.

Los modelos digitales de terreno son una categoría que ha nacido y se ha desarrollado al amparo de las nuevas tecnologías. Los MDT se han definido como un conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del territorio. Esta definición permite que la característica a representar sea diferente de la altitud, pues pueden ser representadas muchas otras propiedades del terreno.

En los MDT hay dos condiciones suplementarias muy importantes: la primera es que debe existir una estructura interna que represente las relaciones espaciales entre los datos y la segunda, es que la variable representada debe ser cuantitativa y de distribución continua.

El Modelo Digital de Elevaciones se define entonces, como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno, describe la altimetría de una zona mediante un conjunto de datos acotados. Siguiendo la analogía cartográfica, es posible construir un conjunto de modelos derivados, elaborados exclusivamente a partir de la información contenida explícita o implícitamente en el MDE y reflejan características morfológicas simples (pendiente, orientación, etc.).

Incorporando información auxiliar es posible elaborar otros modelos más complejos, como predicción de zonas de saturación, evaluación de riesgo de incendio o elaboración

¹ En este caso, los MDT poseen algunas ventajas sobre los otros tipos de modelos, derivadas de su naturaleza numérica: no ambigüedad, posibilidad de modelización de procesos con una deducción estricta, verificabilidad y repetibilidad de los resultados.

² En este sentido, los modelos se realizan partiendo de una información conocida a partir de la medición del objeto real, para elaborar información derivada que refleja otras propiedades diferentes por lo tanto, debe existir una relación simétrica que permita la traducción de algunas propiedades del modelo a la realidad.

CORRECCIONES A ORTHO-ENGINE (PCI Geomatics Group)

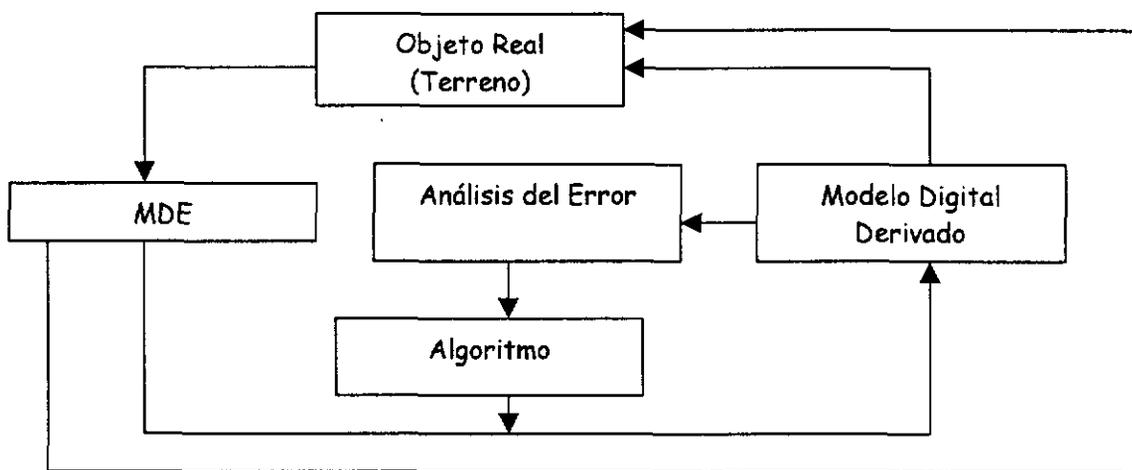
- Al hacer la geocodificación del MDE, se cambian los parámetros de la proyección, aunque deja bien los límites georeferenciados en los que se enmarca el MDE, pero al colocar el origen y parámetros de la proyección, se cambian las coordenadas de esos límites georeferenciados.
- No se pueden dejar generando más de un MDE al mismo tiempo, prácticamente la operación se para. Podría ser una buena opción que esto pudiera hacerse, si tenemos en cuenta que la operación dura casi 24 horas, para las imágenes en modo estándar, y sólo un poco menos para las imágenes en modo fino de RADARSAT.
- El proceso de generación del MDE (a partir de estereo), el programa todos los puntos del Residual Report como Puntos de Control, aunque existan puntos de chequeo en dicho reporte, en el MDE no lo son.
- Podría ser bueno que en la colección de Tie Point se pudiera extraer la elevación de cada TP utilizando, por ejemplo, vectores, como lo hace en la colección de Puntos de Control (actualmente, sólo deja colocar la elevación manualmente).
- El cursor se pega en el residual report en un punto cuando tengo una imagen seleccionada y le digo que me enseñe todas las imágenes y señalo algún punto de la otra. Tal vez esto podría causar en determinado momento una confusión, tanto para el operador como para el programa, que en algún momento podría tomar el punto equivocado (y por tanto la imagen equivocada) para hacer alguna operación de cambiar el punto a Check Point, GCP, o borrarlo, ya que tiene dos puntos seleccionados (por lo menos visualmente).
- Parece que no funciona (o no sé como hacerlo) la programación de generación del MDE a determinada hora.
- Sería tal vez bueno poder abrir dos proyectos sin tener que abrir otra ventana de ortho-engine, con el propósito de compararlos, por ejemplo.
- Siempre que se va a generar un MDE hay que generar una imagen epipolar primero?, ésta no se podría copiar de un archivo externo al proyecto, o de un proyecto a otro?
- No tiene la opción para abortar la generación del MDE una vez que se ha inicializado, sería muy útil que la tuviese, pues la única manera de hacerlo es matando el proceso desde Unix, cosa que no es lo mejor. Lo mismo sucede en la generación de la imagen epipolar (este proceso dura aproximadamente 15 minutos).
- Debería dejar cargar más de un vector de una vez en el módulo de colección de GCP con vectores (sólo se puede cargar una cada vez). Esto tal vez implicaría adicionar la opción de Load a las opciones entre las que sólo esta Load and Close.
- En la generación del MDE a partir de las imágenes en modo fino, se colectaron inicialmente 44 GCP en cada imagen. Luego, con el propósito de bajar el residual se bajaron a 18 GCP en cada imagen y los demás se dejaron como Puntos de Chequeo se colocó a generar el MDE. Una vez estuvo listo, en el reporte del MDE figuran 44 puntos de control, mientras que en el reporte del residual figuran 18. Se salvó el

proyecto, se abrió nuevamente y se repitió el proceso de generación del MDE y sacó otra vez el mismo error.

- Sólo toma los GCP de la imagen de referencia para el cálculo del RMS del MDE y no los del proyecto conjunto.
- Sería bueno que permitiera colocar un punto como GCP o CP en la ventana de colección de GCP.
- Toma el Progress monitor del DEM como el Progress Monitor de cualquier tarea cuando se corre esta desde Xpace.
- Los programas no cierran bien, guarda los archivos .prf de todos los módulos (Xpace, Ortho-engine e ImageWorks) y en el momento menos esperado, te saca de todos los programas al tiempo, o no deje siquiera iniciarlos como en el caso de ortho-engine. Se deben estar cuidadoso de borrar todas estas extensiones del directorio home del usuario.
- La colección de GCP debería ser interactiva al trabajar con vectores. En ambos sentidos. Debería de poder cargarse interactivamente (y al mismo zoom view) la imagen y el mapa una vez se tienen colectados los primeros cinco puntos que construyen el modelo.
- Coloca ID arbitrarios al MDE en el DEM report, debería poner el mismo ID que tiene el punto en el Residual Report, para saber directamente cuales son los puntos que presentan mayor problema.
- La ventana de colección de estereo GCP debería ser interactiva, para ambas imágenes, es decir, tener el mismo punto ubicado en las dos imágenes, y de ser posible al mismo zoom.
- Al exportar histogramas de Image works, debería de exportar los datos completos y no sólo el gráfico, como lo hace con la opción exportar dentro del histograma en ImageWorks.
- Tal vez convendría poder visualizar el RMS total y para cada uno de los puntos con más de una décima (0.1→ 0.9). Esto con el propósito de poder comparar más ampliamente grados de precisión, pero también porque el mismo software a veces arroja una cifra y otras veces, al abrir el mismo reporte de residual, por ejemplo, la redondea a la décima siguiente.
- Se pudiera colocar una nomenclatura estándar a los puntos, de modo que cuando se nombrara con la letra inicial, se sepa que es un punto con dificultades, y que debe tener unos pesos previamente asignados. El operador del software invierte bastante tiempo en esta labor, pues debe asignar tolerancias de imagen (pixel, línea), de elevación y de coordenadas cartográficas para cada uno de los puntos con alta probabilidad de error en el punteo.
- Sería óptimo poder hacer un zoom view intermedio a los que hay (entre zoom overview y zoom:1) para la colección de puntos (el problema se evidencia en las imágenes en modo estándar que tienen más área bajo el mismo zoom).
- Debería tener un Pan (comando de desplazamiento) para la imagen, similar por ejemplo al de Autocad® brindando más comodidad al coleccionar GCP.

de modelos de reflectancia; utilizando conjuntamente la descripción morfológica del terreno y simulaciones numéricas de procesos físicos.

La naturaleza digital del MDT permite utilizarlo para realizar procesos de simulación dinámica con facilidad, por ejemplo, el uso de un MDE complementado con una simulación de la trayectoria solar permite conocer la cantidad acumulada de horas de radiación directa que puede recibir un lugar determinado. Con ello se accede a un medio de investigación de gran potencialidad.



El MDE contiene información de dos formas diferentes. La primera es de forma explícita, como son las alturas y la posición de estas (relación topológica de los datos), datos propios contenidos del modelo. La segunda es una información implícita, en el sentido de que intervienen las relaciones espaciales entre los elementos, relaciones que pueden considerarse incluidas en el modelo del mismo modo que los propios datos⁴.

Ambos tipos de información permiten obtener datos de diferente carácter. Del primer tipo se derivan los descriptores de carácter global como, por ejemplo, los estadísticos básicos del modelo o la dimensión fractal. Estos descriptores están destinados a dar una información sintética sobre el terreno y a resumir características generales, pudiera entonces darse el caso de que modelos diferentes puedan coincidir en estos valores. El segundo tipo de información se utiliza sobre todo para construir modelos derivados que dan cuenta de nuevas variables topográficas (pendiente, rugosidad, etc.). Para ello se

⁴ Reflejan directamente no sólo las características que se desea correlacionar sino las propias correlaciones.

utiliza la información estructural implícita en el MDE, las operaciones implicadas suelen ser de ámbito local, es decir, se usan los datos de un entorno limitado en cada punto. Los resultados son también de validez local y son asignados a cada punto del MDE, creando nuevos modelos digitales con la misma estructura que el original.

Esta información puede usarse para caracterizar el relieve de acuerdo con criterios objetivos. Dado que los procesos geológicos externos dejan una huella morfológica sobre las áreas afectadas, la descripción de esta morfología, su análisis y el estudio de los procesos que la han originado pueden encontrar en el MDE un instrumento de enorme utilidad. Para mostrarlo, se tratarán en primer lugar los descriptores globales para posteriormente pasar a los descriptores locales y a la construcción de los modelos derivados. Finalmente, se harán algunas propuestas sobre la metodología para la obtención de esta información.

La unidad básica de información en un MDE es un valor de altitud z , al que acompañan los valores correspondientes de x e y , expresados en un sistema de proyección geográfica para una precisa referenciación espacial. Históricamente los MDE se han dividido básicamente en grupos en función de la concepción básica de la representación de los datos: vectorial y raster. En los modelos raster, los datos se interpretan como el valor medio en unidades elementales de superficie no nula que teselan el terreno con una distribución regular, sin solapamiento y con recubrimiento total del área representada (Felicísimo 1994)

La estructura matricial es el resultado de superponer una retícula sobre el terreno y extraer la altitud media de cada celda (aunque habitualmente se utiliza un valor puntual, asociado a cada nudo de la retícula o punto medio de la celda). La forma más habitual de la retícula es una red regular de malla cuadrada con filas y columnas equiespaciadas. En esta estructura, la localización espacial de cada punto está determinada implícitamente por su posición en la matriz, una vez definido el origen y el intervalo entre filas y columnas. Los modelos matriciales tienen a su favor facilitar las labores de análisis (cálculo) pero son poco flexibles debido a lo rígido de su estructura. Las matrices representan una estructura muy simple y de fácil manejo, cuya mayor desventaja reside en la resolución espacial fija, que no permite tratar una zonas más detalladamente que otras.

La estructura matricial ofrece una representación adecuada de la forma general de la superficie en áreas de fuerte relieve, pero da peores resultados en la definición de detalles en áreas de relieve suave. La representación vectorial de contornos del MDE y la de Redes Irregulares de Triángulos (TIN) tienen a su favor la posibilidad de aumentar el grado de detalle en zonas concretas donde las pequeñas variaciones del relieve pueden no ser detectables con una estructura matricial.

Las descripciones raster se adaptan mejor para la representación espacial de variables continuas, para las que no se pueden definir bordes de una forma neta, así como para otras con naturaleza estadística o probabilística. Una ventaja importante en este tipo de organización es la facilidad que ofrece para el tratamiento numérico. En una estructura matricial, la combinación de mapas necesita solamente de operaciones matriciales sencillas entre datos homólogos: sumas, productos, operaciones lógicas, etc., la programación se hace de forma menos compleja, la ejecución es generalmente más rápida y los logaritmos más fácilmente comprensibles.

En este sentido, la aparición de las imágenes de satélite ha supuesto el definitivo empuje hacia la integración de ambos formatos ya que esta información sólo puede utilizarse en formato matricial y representa una fuente de datos que no puede ser ignorada, y cuya mayor ventaja reside en que se trata de métodos de captación remota de información, por lo que la toma de datos no está limitada por la accesibilidad de la zona.

La matriz es generada, en nuestro caso, por medio de métodos radargramétricos. El modelo está representado mediante una escala de valores de gris proporcional a la altitud (negro en las zonas más bajas, blanco en las elevadas)

En las operaciones de restitución se utiliza como documento básico un conjunto de pares estereoscópicos de imágenes de la zona a estudiar. El trabajo se basa en métodos fotogramétricos que, examinando puntos homólogos en los pares estereoscópicos, deducen de su paralaje las cotas de referencia necesarias para reconstruir la topografía. Actualmente existen sistemas (restituidores fotogramétricos) completamente automatizados que realizan esta labor grabando directamente los resultados en formato digital. En este caso, los pares estereoscópicos son analizados mediante sistemas ópticos de exploración. La información resultante es procesada para, mediante un proceso iterativo de cálculo de correlaciones, identificar los puntos homólogos, medir paralajes y estimar altitudes. El acceso a terreno es necesario para establecer un conjunto de puntos de apoyo que permitan fijar valores de altitud en una escala absoluta.

Los pares estereoscópicos han sido hasta hace pocos años exclusivamente fotogramas aéreos. Actualmente, a esas fotografías se han sumado las imágenes digitales tomadas por sensores transportados por satélite, como RADARSAT que incorpora la posibilidad de obtener imágenes estereoscópicas mediante variaciones en el ángulo de vista, programables desde tierra a distintas resoluciones, según los autores, los MDE resultantes tienen una calidad comparable a los obtenidos mediante los métodos fotogramétricos convencionales.

La construcción de MDE a partir de datos tomados por Radar de Apertura Sintética, aunque están basados también en el análisis de pares de imágenes, difieren notablemente

de los métodos más convencionales. Las técnicas implicadas suelen agruparse bajo el nombre de radargrametría y la precisión de los resultados depende básicamente de la resolución espacial y de la precisión y estabilidad de la trayectoria de la plataforma.

La localización de los datos incluidos en el entorno del punto objeto debe realizarse mediante operaciones de búsqueda globales. El software utiliza una técnica de segmentación en bloques del conjunto de datos inicial con el fin de reducir el conjunto de búsqueda.

El modelo digital de elevaciones es la fuente básica de información para la elaboración de otros modelos, total o parcialmente dependientes de la topografía. Por este motivo, la utilidad y validez de los resultados derivados están estrechamente relacionados con la calidad del modelo original.

INFORME DE AVANCE

El directorio de trabajo es /flora/manizales/sandra

Los archivos de texto y gráficos están en Gisserver D:/Homes/Local/sbolanos/.

Los residuales, exceptuando los de estereo GCP están en unidades de pixel.

Quiero resaltar que es un informe parcial, donde falta por ejemplo, puntos respecto a la teoría y descripción de las imágenes y datos utilizados de entrada para la investigación, y tal vez citar algunos archivos entre los que se extrajeron los más representativos, pues marcaban diferencias trascendentales para el desarrollo de la metodología: pero que abarca prácticamente todo lo que se ha hecho hasta el momento.

La práctica se inició con un conocimiento de todo el soporte teórico al problema planteado, se revisaron conceptos en lo que se refiere a Fotogrametría, Teledetección Espacial, y todo lo relacionado con la geometría de radar, incluso sus avances hasta hoy día, es decir una revisión del estado del arte. Proceso que duró poco más de un mes, aunque se destaca la continua revisión de dicha teoría a lo largo de todo el proyecto, dado carácter experimental Investigación.

Siguiendo con la línea de trabajo, se tomo un conocimiento previo del software, PCIworks, especialmente ortho-engine y manejo de archivos en Unix - NT server. Este proceso, duró aproximadamente 1 mes también.

Posteriormente, se continuó con la línea de pruebas que se describirán a continuación:

1. Se inició un proyecto en Ortho-Engine™ en el cual se cargó la imagen s2a descrita anteriormente, y se adicionó el archivo de puntos de control asociado a ella, que contenía 28 GCP. (el archivo se encuentra en /flora/manizales/sandra/man-s2a-28.gcpwrit). Estos puntos arrojan los residuales: X RMS= 3.07 Y RMS= 3.02
2. Se colocaron errores (pesos) a todos estos puntos y se imprimió el residual. El criterio para colocar un determinado error a estos puntos, fue su ubicación en zona plana, intermedia o montañosa, que tienen los pesos que se indica en el cuadro. Esto por el nivel de identificabilidad de cada punto en cada una de estas zonas, dada la geometría de la imagen de radar. También se colocaron de acuerdo con la precisión que se tuviera del punteo en cada uno de estos sitios, o en zonas poco nítidas de la imagen. Los residuales obtenidos en este caso, no variaron para nada, como lo podemos ver en el residual report . X RMS= 3.07 Y RMS= 3.02. Se guardo un solo proyecto con esta imagen y estos cambios (/flora/manizales/sandra/man-s2a.prj)
3. Se creó un nuevo proyecto, con la imagen s7a (las imágenes están en formato PCIDSK). Se cargó el archivo de puntos de control que se tenía para esta imagen (/flora/maniazles/sandra/man-s7a-85.gcpwrit) y se imprimió el residual (X RMS= 2.48 Y RMS= 2.49)

4. Se colocaron pesos a todos estos puntos, con los mismos criterios descritos para la otra imagen. Los residuales fueron: X RMS= 2.48 Y RMS= 2.49. Como en el caso anterior, estos residuales no variaron ni siquiera en una décima.
5. Se creó un nuevo proyecto, con ambas imágenes, y para el cual se adicionaron los puntos de control de los archivos mencionados, respectivamente, sin colocar pesos a ningún punto. Se nota el enorme aumento en el residual. X RMS= 9694.28 Y RMS=653649892.5 para el proyecto conjunto. Para cada imagen los residuales también fueron calculados: man-s7a: X RMS=11196.6 Y RMS=75479 man-s2a: X RMS: 153.61 Y RMS= 178.06

Esto nos permite llegar a una primera conclusión de que los puntos que pueden ser buenos (o más bien aceptables) para el modelo de corrección geométrica de una imagen, no lo son necesariamente para el modelo de corrección de ambas.

6. Se colocaron errores a todos los puntos (los mismos pesos que cada punto tiene en el proyecto de la imagen individual) y se imprimió el residual (X RMS= 9678.84 Y=110609.81). Para cada imagen dentro del proyecto, los residuales fueron: man-s7a: X RMS=9768.84 Y RMS= 110609.81 man-s2a: X RMS= 248.69 Y RMS =205.23

Como se puede notar, los residuales bajaron (especialmente en Y) para el proyecto conjunto, pero aún así siguen siendo absurdos para elaborar un modelo de corrección geométrica.

Para cada asignación de pesos, se empleo una ayuda con el MDE generado a partir de curvas de nivel, con la tarea REL (Shade Relief de PCI la cual dá una vista en perspectiva del relieve con una fuente de iluminación, esto para saber si el punto está en zona montañosa, intermedia o plana.

Se intentó bajar el residual de cada imagen en un 25% y evaluar su impacto en el proyecto conjunto, cambiando algunos puntos que estaban como GCP a puntos de chequeo y evaluar el RMS de cada proyecto para el modelo son y sin pesos (tolerancia de error en cada punto).

Man-s2a:

Zona Plana: 10, 12, 74, 13, 14, 15, 24, 25, 32, 9, 26, 28, 30, 33, 34, 59, 38, 63, 74

Intermedio: 16, 20

Montaña: 18 (encañonado), 43, 45, 44, 51, 52, 6, 64

Nuevamente, colocamos pesos a cada punto, pero el residual no cambio para nada.

En man-s2a se redujeron los puntos: 20,74,13,51,52, y 44 (es que más disminuye el error 2.37 a 2.03). Con esto queda el error un 33% menor en X RMS= 2.03 y un 18% menor en

Y RMS= 2.47. Es prácticamente imposible reducirlos ambos al 25%. Quedan entonces 22 GCP y 6 Puntos de Chequeo.

En s7a se redujeron 36, 114, 48, 128, 86, 35, 108, 15, 44, 103, 34, 75, 69, 4, 117, 93, 8, 67, 12, 91, 9, 59, 92, 70, 49, 23, 81, 18, 127, 83, 22, 13, 26, 43, 71, 20. Con esto se reduce el error un 26.2% en x (X RMS= 1.83) y un 25.30% en y (Y RMS= 1.86) (25.57% menor en promedio).

Para el cálculo de RMS sin pesos:

Se adicionó a man-s7a con los 49 GCP y se adicionó man-s2a con los nuevos puntos. Esto da un residual (X RMS= 3532.68 Y RMS= 4104.93) reducido en un 63.56% en X y un 99% en Y con respecto al proyecto de dos imágenes sin pesos y con todos los puntos tomados inicialmente, pero aún así inaceptable para el cálculo del modelo. Man-s7a: X RMS= 4180.17 Y RMS= 4991.02. Man-s2a X RMS= 1466.66 Y RMS= 177.11

Al colocar el punto 44 que reducía el RMS en más alto grado en el proyecto de la imagen man-s2a sola en un 57.49% para X y un 99.999% para Y. Observamos que en el proyecto conjunto aumenta el RMS en X y Y (X RMS=4120.65 Y RMS= 4690.99) también en gran proporción. Los residuales para cada imagen dentro del proyecto conjunto se muestran en el reporte del residual.

Para el cálculo del RMS del proyecto de dos imágenes se cargó la imagen s7a con errores en cada punto, y se bajó en un 25%. Se cargó la imagen man-s2a con los pesos para cada punto y se bajó el residual cambiando a check point los puntos 20, 13, 51, 52 observamos que los residuales no cambian en nada respecto al anterior. *No cambia el residual al colocarle el error a los puntos en el proyecto de dos imágenes.*

Se intentó hacer el mismo procedimiento buscando un mejor residual (66% menor en cada imagen) para el proyecto conjunto, pero los resultados no cayeron en el límite de tolerancia. El residual aceptable también se obtuvo para 22GCP, 17GCP y 12GCP en cada imagen. *El error en los puntos no influye cuando se tienen igual número de GCP en ambas imágenes para la disminución del residual del proyecto conjunto o su influencia es despreciable.* El residual se logra bajar eliminando inicialmente los puntos con mayor residual, podemos ver que para residuales malos, las imágenes se encuentran en un orden de sucesión de una con respecto a la otra, y los Check Point y GCP están intercalados mientras que en los residuales buenos, todos los check point tienen residuales más altos que los GCP y por lo tanto están primero en el orden del residual report. Una vez cambiados a check point los primeros puntos, no necesariamente los que siguen en su orden son los que se deben cambiar a Check Point, existen otros puntos bajan el error en mayor proporción, obviamente se debe buscar un equilibrio entre el error en X y Y. En muchos casos, el que tiene el menor error como Check point, es el que aumenta en más medida el residual al colocarlo como GCP.

Existen puntos críticos, como el punto 16 que se encuentra en la zona central de man-s7a; los cuales bajan el residual en una enorme proporción (de 128252 a 1282 pixels, por ejemplo), se analizó que estos puntos, que tanto afectan al modelo no son necesariamente los mismos en cada imagen del par (el punto 16 -s7a- no es común a ambas imágenes, aunque en esta zona se tienen GCP en ambas). Para un modelo erróneo, el aumento en el número de TP aumenta el residual sobre los GCP.

Para el último proyecto el residual es aceptable (X RMS= 0.84 Y RMS=0.87) para el proyecto conjunto cuando se tienen 12 GCP en cada imagen, pero igualmente, no cambia al colocar pesos a cada uno de estos puntos. Tal vez se podrían colocar unos pesos con un diferencial más alto entre ellos para comprobar si de veras toma en cuenta el peso de ese punto en el cálculo del modelo geométrico.

Se colocaron 4 Puntos de enlace (Tie Points) entre s7 y s2 para iniciar un proyecto en estereo que nos permita generar un MDE, vemos que el residual sólo cambia en una décima para el residual en Y (X RMS =0.84 Y RMS=0.90). Se formaron entonces 2 proyectos: uno con todos los puntos, 12 GCP en cada imagen y otro con los mismos 12 GCP con pesos en cada punto para generar un MDE en cada uno y ver la influencia de la colocación de pesos en los puntos para el cálculo de RMS en el MDE. En el proyecto que contiene pesos en los puntos (/flora/manizales/sandra/12GCPper) se colocaron pesos también en los Tie Points con el mismo criterio que para los GCP. Las tablas de estos residuales se dan a continuación, tanto para el cálculo del modelo de corrección geométrica como para el cálculo del error en el MDE (RMS en el DEM Report).

Como vemos, al generar el MDE el tomó los puntos de chequeo del modelo de corrección como puntos de control para el MDE y no toma ningún punto de chequeo en el cálculo del RMS en el proceso de generación del DEM con 12GGCP.

En vista de esto, se han borrado los puntos de chequeo del modelo geométrico para hacer el cálculo sólo con los 12 GCP en ambos proyectos.

El punteo de TP en Ortho-Engine™ es interactivo, al puntear primero en la imagen de referencia y luego en la de trabajo, es autolocativo.

Para un buen modelo, el colocar los TP no implica ningún aumento en el residual sobre los GCP.

Entre los listados también se encuentran los parámetros que se dieron para generación del MDE. Un parámetro común que se dió a todos los DEM están el de valor de background, que es de -150 (para áreas dentro del MDE para las cuales no hay datos, es decir que no están en el área de sobreposición) y el de fallo, -100 (para los pixels en los cuales no encuentra correlación).

Se genera entonces la imagen epipolar (s2) a partir de una de referencia (s7) -los archivos de epipolares se encuentran en el directorio epipolar dentro de del directorio de trabajo mencionado en flora-. El concepto de imagen epipolar es tratado en detalle en la parte teórica que se ha dado relacionada a fotogrametría.

Uno de los parámetros que se da en el MDE es el de la resolución. En Full resolution, el MDE tendrá posiciones de elevación a intervalos de 12.5 en Half resolution, cuatro pixels de la imagen de entrada son usados para extraer una celda de elevación. En imágenes RADARSAT, como en este caso, produce un DEM con posiciones cada 25m. Se pueden interpolar también áreas fallidas filtrando los valores de elevación.

Se tomó el archivo de 12 GCP y se fueron adicionando paulatinamente ciertos puntos que permitían un residual aceptable para el modelo, hasta obtener puntos con 12, 17, y 24 GCP. La siguiente tabla lista los puntos que se adicionaron para cada uno de estos tres proyectos:

Como vemos en el gráfico, el RMS va aumentando a medida que se van añadiendo GCP al proyecto de las dos imágenes. La imagen s2a no deje poner más de 24 GCP con un error aceptable (en este caso, el umbral se fijó en dos pixeles), por ejemplo, al colocar 25 GCP el error en Y se sube a más de 74 pixeles.

Como se mencionó anteriormente, al colocar ciertos puntos de Check Point a GCP, el error se dispara enormemente, tal es el caso de los puntos 6 (zona de montaña), 12 (parte superior de la imagen) y 13, que al cambiarlos de Check Point, aumentan el residual de 1.31 X RMS y 1.31 YRMS a 36698.7 XRMS y 1844.24 YRMS. Cuando se tienen 20GCP, al colocar el último Check Point como GCP, el error aumenta de 1.46 XRMS y 1.45 YRMS a 83.02X y 1.94Y, y al colocar el antepenúltimo GCP el error aumenta a 553502 XRMS y 18995.9YRMS.

Esto nos permite deducir, que dado un residual casi igual (tanto para X como para Y, cosa que es un buen síntoma de la precisión del modelo) y bajo (de menos de dos pixels), algunos puntos que puedan intervenir negativamente en el modelo, lo desajustan completamente. Tal vez sea bueno tener puntos de control en los extremos de la imagen para el modelo de corrección geométrica de la misma, pero es muy difícil obtener un buen residual tanto en X como en Y (e incluso en Z, como lo veremos más adelante) con estos puntos.

Cada vez son menos los puntos que al cambiarlos de Check Point a GCP, aumenten el residual en menor grado (que fue lo que se trató al hacer la selección de esos puntos, se escogieron los puntos que menos aumentarían el residual), casi todos lo aumentan en alto grado después de un cierto número.

Comparación GCP en RMS elevado vs RMS aceptable
17 GCP

s7a		s2a	
RMS Malo	RMS Aceptable	RMS Malo	RMS Aceptable
37	37	26	59
118	118	13	64
97	97	30	30
16	71	9	9
11	11	18	18
74	74	33	33
64	64	16	16
131	131	24	24
41	41	32	32
129	129	43	43
60	60	12	12
47	47	6	6
52	52	10	10
133	133	38	38
136	136	14	14
138	138	15	15
124	124	63	63

22 GCP

s7a		s2a	
RMS Malo	RMS Aceptable	RMS Malo	RMS Aceptable
16	20	26	26
135	135	64	13
90	90	25	25
84	84	28	28
65	65	59	59
136	136	34	34
129	129	16	16
37	37	9	9
41	41	30	30
47	17	45	51
52	52	32	32
11	11	18	18
60	60	33	33
133	133	12	12
74	74	15	15
131	131	6	6
64	64	24	24
63	71	43	43
124	124	14	14
118	118	10	10
97	97	38	38
138	138	63	63

Comparando estos resultados, con los anteriormente expuestos para el caso en que los residuales eran inaceptables para el proyecto de las dos imágenes, aunque buenos para el modelo de cada una separadamente, parece que lo ideal es que en el proyecto conjunto, empezar quitando la mayor cantidad de puntos que se puedan, luego ir adicionando uno poco a poco, empezando a adicionar el que menos contribuya al aumento del residual o "preferiblemente" el que lo baje. Creo que se tienen más opciones de obtener un residual más bajo, que si se suman todos los puntos al proyecto y se empieza a obtener un residual cada vez más bajo. Lo ideal es obtener primero el residual más bajo, y luego ir adicionando el número de puntos que se crea adecuado para llenar el modelo de corrección geométrica. Este número será discutido más adelante, cuando se presenten los resultados de los Modelos Digitales de Elevación generados, pues la precisión se busca, sea en las tres coordenadas.

En el gráfico, se muestra también que existe un número "óptimo" para el cual los residuales en X y Y son los mismos, cosa que es un buen indicio de la precisión del modelo; este número, como se podrá comprobar más adelante, sigue siendo óptimo en la elaboración del MDE. Tal vez lo mejor no sea bajar el residual lo más que se pueda para calcular la corrección geométrica de la imagen, sino crear un buen ajuste, que nos permita generar coordenadas x,y,z precisas y concordantes con el grado de exactitud requerido dada la topografía del terreno, el tipo de imágenes con las que se trabaje y el objetivo que para el que se requiere.

Es un buen indicio, para obtener un buen residual, que todos los Check Point estén primeros en el orden del residual report, antes que los GCP, es decir, que tengan un mayor residual que todos éstos. De modo similar, en el reporte del residual con un RMS aceptable

El residual para s7a siempre se mantuvo más bajo que el de man-s2a. es claro, dado que la última está más distorsionada por la geometría de vista. Es más difícil, en la mayor parte de la zona colectar unos buenos puntos para dicha imagen.

No es sólo en zona montañosa que los puntos sean malos (que influyen negativamente en el modelo, es decir, aumentando el residual), pues hay unos en zona montañosa que dan muy buen residual (como el punto 43 en s2a) y otros que no, como el punto 45 en s2a, que da un residual muy alto. Se trató de buscar alguna relación, en el espaciamiento de los GCP para ver su influencia en el modelo, sin resultados positivos.

El siguiente es un listado de GCP IDs para los puntos con los que se puede obtener un mal o un buen residual, discriminados en dos columnas, una para un caso (mal residual) y otra para el otro (buen residual para las dos imágenes). Vemos que la diferencia es de dos o tres puntos, los cuales disparan el error para el proyecto conjunto.

Como vemos, no siempre los puntos en zona montañosa, son malos, el punto 6 de la imagen s2a figura en el modelo de un buen residual (y también en el malo), y se encuentra en la altitud máxima de la zona. El punto 16 (zona montañosa, parte superior de la imagen) en s7a se borró del modelo porque presenta alto error, y se colocó el 71 (zona montañosa, centro de la imagen) aún así no se mejoró mucho el residual. En la imagen s2a se quitaron los puntos 13 y 26 del modelo y se colocaron como GCP los puntos 59 y 64 (ambos en zona montañosa en la parte de debajo de la imagen), este último (el 64) disminuyó el error a menos de XRMS= 8273 YRMS= 319 a XRMS= 1.52 YRMS=1.89 . Es decir, contribuyó muy positivamente en el modelo.

El punto 13 en s7, como check point aumenta el YRMS a más de 67562 millones de pixels y lo baja a 1213 YRMS como GCP es decir, es bien importante para el modelo, se encuentra en la zona intermedia de la imagen en zona de montaña, y como es común en ambas imágenes (es el punto 45 en s2a) se encuentra en la zona superior más distorsionada de la imagen, a causa del desplazamiento del relieve en la imagen. Dejando el punto 13 como check point y colocando el 101 de GCP a Check Point, vuelve y baja el YRMS de 67562 millones de pixels a 1960 YRMS. El punto 101 está en el extremo derecho de la imagen s7a y en la zona más distorsionada en s2a.

Como vemos, existen ciertos puntos que están muy ligados a otros en el modelo de corrección geométrica, ya que si uno de ellos se deja como GCP o Check Point y el otro se deja como Check Point o GCP el residual baja o se dispara dependiendo del caso.

En la siguiente tabla veremos los puntos que se cambiaron para hacer el archivo de 22 GCP aceptable, de acuerdo al residual. En dicho listado, los puntos 64 en s2a y 16 en s7a se encuentran en zona montañosa, y son los que más contribuyen a la disminución del error.

En la otra tabla se muestran los puntos comunes a ambas imágenes, y se relacionan también los puntos que están muy cercanos (que caben en un zoom view : 1 en la imagen).

El punto 16 en s7a sigue siendo crítico para la reducción del RMS conjunto. Cuando este punto esta como GCP XRMS=224039 YRMS=7951, y una vez se cambia a Check Point da un XRMS=21.78 YRMS=112.86. El punto 52 en s2a es muy mal punto como quiera que sea, es el punto más extremo en la parte superior de la imagen, en una zona altamente distorsionada geoméricamente y no aparece en la imagen s7a. Este punto, al estar como check point, presenta un residual para el proyecto de XRMS= 33399 YRMS= 6202, al cambiarlo a check point, el residual baja a XRMS= 1.65 YRMS=1.86. Pero no ocurre así con el punto 51, que esta en la misma zona del 52.

GCP utilizados en los MDE

Nro de GCPs	Imagen		ID Punto adicionado	Proyecto	
	X RMS	Y RMS		X RMS	Y RMS
s2a					
12	0.84	0.90		0.84	0.9
13	1.12	0.96	12		
14	1.30	0.96	33		
15	1.17	0.94	6		
16	1.30	0.93	13		
17	1.29	1.31	26	1.29	1.31
18	1.38	1.39	34		
19	1.44	1.4	51		
20	1.46	1.45	59	1.46	1.45
21	1.51	1.54	25	1.64	1.66
22	1.64	1.66	28		
23	1.71	1.85	45		
24	1.98	1.85	44	1.98	1.85
s7a					
12	0.84	0.9		0.84	0.90
13	1.15	0.94	71		
14	1.14	0.93	52		
15	1.14	0.92	131		
16	1.14	0.9	11		
17	1.12	0.91	138	1.29	1.31
18	1.28	1.32	84		
19	1.31	1.3	65		
20	1.42	1.43	90	1.46	1.45
21	1.44	1.49	20		
22	1.44	1.49	135	1.64	1.66
23	1.64	1.65	56		
24	1.64	1.66	3	1.98	1.85
25	1.96	1.86	7	1.96	1.86
26	1.95	1.87	79		
27	1.96	1.86	72		
28	1.98	1.85	134		

Puntos Comunes en las imágenes

s2a		s7a
10	=	
12	cercano a	35
13	=	45
14	cercano a	46
15		
16	=	124
18		
20		
24	=	34
25	cercano a	35
26	cercano a	45
28	=	123
30		
32		
34		
38	=	30
43	=	11
44		
45	=	20
51		
52		
59		
6		
63	=	15
64		
74		
9	=	

Una vez el residual se ha bajado a un valor aceptable (como en 24GCP XRMS=1.98, YRMS=1.85) los puntos conservan el orden en el residual report, tanto check points como GCP así se vayan borrando los check points, es claro, pues estos no afectan el modelo.

El punto 63 está en una zona intermedia y se encuentra en el centro de s7a, reduce el error como GCP de XRMS= 153367 YRMS= 269047 a XRMS= 3431 YRMS=437Y, al estar como Check Point en s2a. El punto 16 en s7a es muy mal punto como GCP, pues disminuye el error de XRMS= 3431.93 YRMS= 437.93 a XRMS= 9.18 YRMS= 190 al estar como check point. El punto 101 como GCP da un XRMS= 8.48 YRMS= 182.41, como Check Point da XRMS= 8273.22 YRMS= 319, es decir influye positivamente en el residual

Los Tie Point influyen (aumentan) el RMS en una proporción casi despreciable, ya que al borrarlos se disminuye el error. Como en el proyecto del DEM generado a partir de 12GCP con pesos en los puntos, el cual con 8 Tie Point tiene un residual de XRMS= 0.86 YRMS= 0.91 y con 4 TP XRMS= 0.84 YRMS= 0.89.

El orden en el Residual Report (se ordena de los puntos arriba hacia abajo con los puntos de residual más alto a los puntos con residual más bajo) es lo único que cambia cuando colocamos pesos a los puntos, el RMS no cambia, a menos que el error sea muy grande.

Al generar el MDE con los 12GCP sin Check Points, se observa que tiene mucho menos error que el de 12GCP con Check Points (el cual toma los 85 puntos como Puntos de Control para el MDE), y tiene mucho menos error en las zonas más críticas (de mayor valor de fallo). Ocurre algo similar cuando ponemos a generar el MDE con los 17GCP y los 17 GCP con pesos en los puntos, pues con el último da menos pixels de fallo en el MDE.

Para la comparación de todos estos MDE se geocodificaron, corregimos los parámetros de la proyección, se proyectaron en el mismo sistema del archivo de man-50.pix con la tarea REGPRO de Xpace™, se hizo una máscara de la zona donde común al MDE generado y al departamento de Caldas (que es la zona de estudio) con el comando THR seguido de BLO. Finalmente se hace una resta canal del MDE generado a partir de curvas de nivel (canal 1) menos el canal generado a partir del par estereoscópico (canales 12 al 41) para conocer las diferencias que se tienen del uno con respecto al otro bajo la máscara mencionada.

Tal vez sería bueno probar a disminuir el error de punteo para los pixels en zona plana de 2 pixels a 1 pixel, para tener un mayor diferencial con respecto a los GCP que requieren más peso. En un principio no se hizo, porque se empezó a trabajar con unos archivos de puntos existentes para cada imagen, pero sería bueno colocar una nomenclatura estándar a los puntos que involucre un código para la zona en la que se encuentren (montañosa, intermedia o plano) y tal vez la imagen de la que provienen estos puntos.

Posteriormente, se hizo un análisis similar a los puntos que presentan mayor error en el reporte del MDE para evaluar su impacto en la precisión. Se hicieron tres tipos de pruebas:

- Quitar los puntos de control que aparecen en el MDE con mayor residual para ver como disminuyen el RMS y el error promedio en elevación del MDE (aunque este error no es muy representativo de la precisión pues los valores extremos negativos se equilibran con los valores extremos positivos, es decir en un MDE completamente malo, los errores se compensan, y este promedio podría dar perfectamente de 0, igualmente, en un MDE muy bueno, este error debe tender a 0).
- Colocar más puntos de error en zonas donde aparecen grandes errores (grandes diferencias del MDE de curvas con respecto al generado).
- Adicionar las otras imágenes y generar el canal de la resta.

Una vez generados, los MDE se desplegaron y se localizaron los GCP críticos donde se tienen problemas en el modelo, porque las diferencias daban de más de 1.000m.

Para el archivo de los 17GCP, se quitaron los dos GCP con más residual, estos eran el GCP 131 y 118 de la imagen s7a y se adicionaron 3 GCP más, de los cuales "botó" para el cálculo del modelo el GCP ID 124, que está más extremo en la parte izquierda de la imagen s7a aunque, cabe perfectamente dentro del área de superposición con s2a. El archivo resultante se llamó ddem18GCPerr, que quiere decir que es un archivo sin Check Points (doble d al comienzo), 18 GCP y con pesos en cada uno de sus puntos. Este archivo presenta un muy buen histograma, con una distribución de Gauss casi perfecta, un poco sesgada hacia los valores menores de 0, con los estadísticos descriptivos que se muestran en el histograma y con un RMS de 66.5m, el bajo obtenido hasta ahora (pero no el más bajo obtenido para el proyecto). Sin embargo, en el despliegue del canal de la diferencia respecto al patrón de comparación (MDE-curvas de nivel) se tienen unas pocas zonas, que se pueden ver en el mapa de bits de la máscara de análisis creada, en las cuales la diferencia supera los 500m, e incluso llega para algunas zonas a -2303 y 3700m de diferencia. Existe una zona en donde el MDE de curvas pasa por debajo del MDE generado (al lado izquierdo) y otra donde el MDE de curvas pasa muy por encima del Modelo generado (en la parte más alta de la zona, al lado del nevado).

Posteriormente, se adicionaron 4 GCP más en ambas imágenes y se creó con ello el archivo de ddem22GCPerr para ver como se comportaban los estadísticos de las diferencias. Los resultados no fueron muy alentadores, por el contrario, se aumentó el RMS a 96.1m y los estadísticos fueron un poco más negativos que para el caso anterior. Las zonas donde el MDE presenta problemas, no cambiaron en nada, ni sus valores extremos de error.

Buscando mejorar las zonas críticas, es decir, donde no se presenten grandes diferencias con respecto al patrón de comparación, y aún sacrificando el residual

(permitiendo un residual más alto), se colocaron varios puntos de control en las zonas problema, pero sin obtener ningún resultado positivo, por el contrario el RMS se disparó (960.8m) y las zonas fueron las mismas (ni siquiera disminuyó su área). Parece entonces, que estos errores se deben a las diferencias radiométricas de las imágenes dada su gran diferencia de ángulo de incidencia, que beneficia la extracción de alturas por diferencia de paralaje pero dificulta la correlación de Niveles Digitales.

Cabe destacar que los GCP de la imagen de referencia que no se encuentren en el área de traslape de las imágenes, se "botan" (el software los omite) para el cálculo del Residual. El software toma sólo los puntos que se encuentren en la imagen de referencia.

Se tomaron entonces las dos imágenes con los últimos 18GCP y se adicionó al proyecto la imagen s4a, se colectaron puntos 19 GCP en cada imagen y vemos mejora el RMS (no hay check points), se generó el MDE tomando s7a como imagen de referencia y generando la epipolar con s4a. El archivo es el ddems7s4. La tablas de reportes para residual y MDE se dan seguidamente. El RMS del MDE dió más alto que el anterior. Se nota en el histograma y en la máscara de error la desventaja en geometría para el par estereoscópico s7-s4, respecto a s7-s2, por tener un diferencial para el ángulo de incidencia menor, crea un menor paralaje, aunque por su proximidad radiométrica no presenta valores extremos de diferencia tan grandes como en s7-s2a, según lo vemos en el histograma del canal de la resta.

Probando en el software la función de COLECTAR STEREO GCP, se creó un nuevo proyecto con nuevos puntos de control en el que se tomó primero la imagen s7a y se capturaron en ella 17 GCP lo mejor distribuidos que se pudieron (en número y densidad) en la imagen, siempre que el residual lo permitiera (el umbral se fijó en poco más de dos pixels, esto por que es difícil tener puntos bien distribuidos con un residual de menos de 1) y se cargo la imagen s2a, para la cual se colocaron los mismos puntos con la ayuda "estereo" que proporciona el software, corrigiendo algunos que no correspondían con su posición. Se puede tener una buena idea de un punto, cuando la posición que le autolocaliza en la imagen de trabajo cae exactamente donde debería estar el punto. El proyecto se llamó ddemnew (porque sus puntos de control son nuevos) y se generó con el un nuevo MDE. El Reporte del MDE arroja el RMS más bajo obtenido para todo el trabajo de investigación: 32.4m y un error promedio en elevación que es de -18.1, donde vuelven a notarse el predominio de las diferencias negativas, que ocupan una zona más amplia que la de las positivas (sólo es el nevado). Cabe anotar que es un residual muy bueno, si tenemos en cuenta los errores que puede tener el modelo patrón de comparación, generado con base en curvas de nivel digitalizadas.. El resultado de coleccionar GCP en "estereo" fue mucho más productivo, por tanto se seguirá utilizando para la colección de los GCP en los proyectos que utilizarán las otras imágenes.

Vemos también que un RMS un poco más alto para el modelo de corrección, generó un residual mejor en elevación.

Se intentó mejorar las zonas de error colectando Tie points en dichas zonas, pero el resultado no fue muy distinto al último generado.

Se generó un nuevo proyecto para las imágenes en modo fino, colectando 44 puntos de control en la imagen f5a, y adicionando f2a. Se dejaron finalmente en cada imagen 18 GCP, 4 Tie points (como en todos los proyectos presentados) y ningún check point. Este MDE tiene un grado de precisión bastante alto, parece que las imágenes en modo fino son mejores que las estándar para este caso. El residual que presenta el MDE es de 62.5m, pero creo que eso en parte se debe a que el software haya tomado los 44GCP iniciales para el cálculo del residual, y no los 18, como aparece en el proyecto f5-f2.prj. Se intentará hacer un nuevo archivo, con los mismos 18 GCP para evaluar de nuevo el RMS.

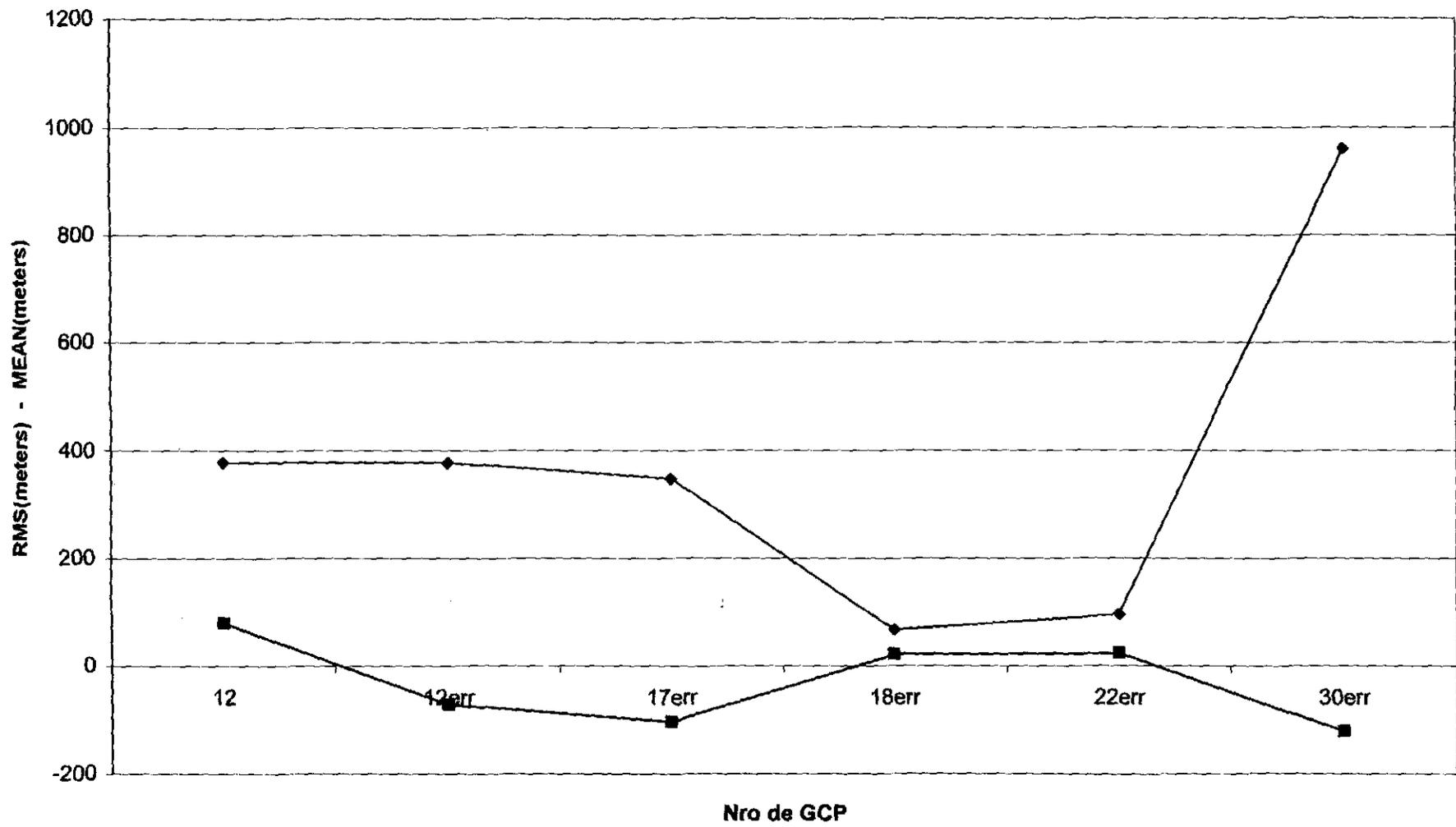
Se tienen varias observaciones respecto a esta última parte:

- Es bueno colocar los puntos con el residual report abierto, esto muchas veces no lo permite el software, debiendo colectar primero todos los GCP, sin poder ver si el nuevo punto colectado contribuye negativa o positivamente al modelo.
- Uno de los mayores problemas en la colección de puntos es el no poder tener una resolución intermedia.
- Una vez se tenga un buen residual, (cercano a 2 pixeles) y un número suficiente de puntos, cualquier punto que se ponga, se puede decir si es bueno o no con el aumento del residual.
- Es bueno colectar primero 12GCP y luego adicionar los restantes (hasta donde lo permita el umbral del residual).
- Por la geometría de las imágenes, predomina casi siempre un mayor residual en x que en y, por lo tanto es más difícil de disminuir aunque los dos están muy ligados.
- Para bajar el RMS, se deben cambiar a check points los puntos, y mejor después borrarlos. Cada vez que se pasa un punto de Check Point a GCP el modelo puede cambiar un poco, y nuevos puntos pasan a ser los que más contribuyen al modelo.
- El problema no está en la altura de los puntos, sino en la ubicación de ellos en el MDE. Los puntos de los extremos de la imagen no sólo son los que arrojan un mayor residual al modelo de corrección geométrica, sino también son los puntos más críticos en el residual del MDE.
- Es bueno colectar GCP a diferentes alturas, pero no en alturas extremas, pueden contribuir al aumento del residual, y tal vez por ello, el software no las toma para el cálculo de RMS en el MDE, como ocurrió con el GCP 6 -154- que se encuentra a 5300m de altura, sobre el nevado, aunque figura en ambas imágenes en el ddemnew.prj
- Los puntos que son comunes a ambas imágenes y están en zona plana, mejoran el Modelo de Corrección Geométrica, pues reducen el residual.

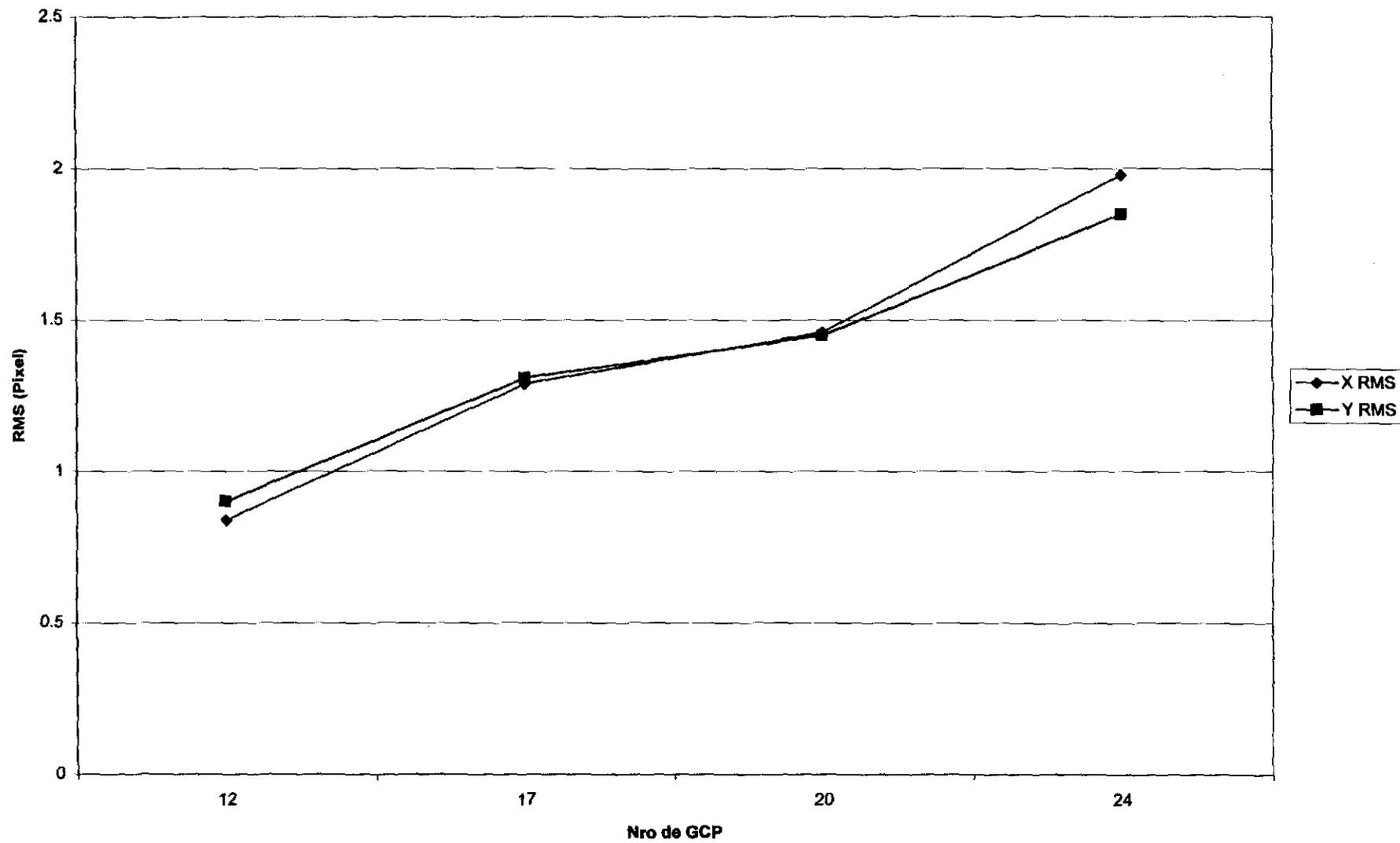
- Los puntos en los extremos de la imagen con mayor distorsión, aumentan el RMS en alto grado, no son tan graves los puntos en los extremos de la imagen con menor distorsión.

COMPORTAMIENTO MDE

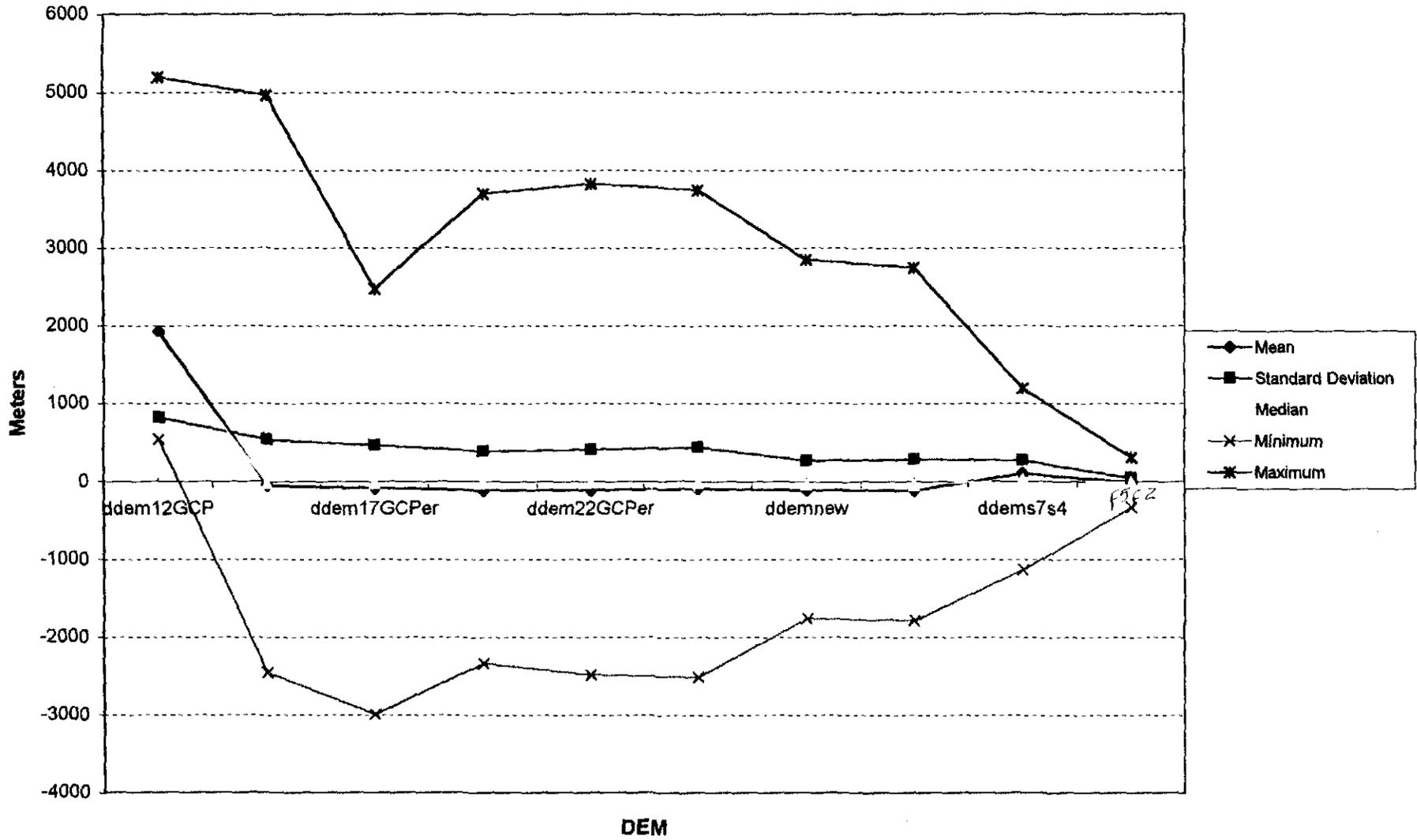
◆ RMS ■ Error Promedio



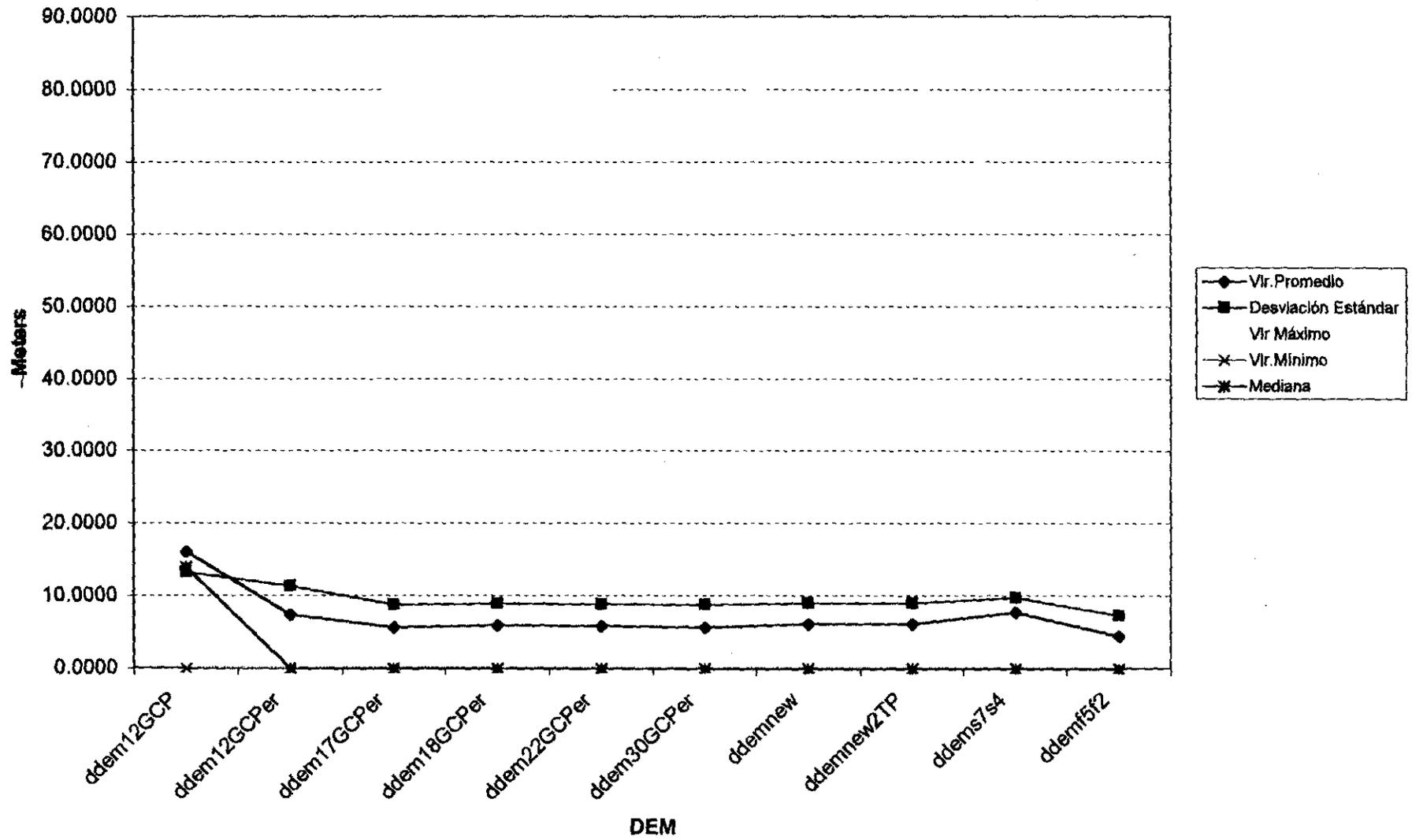
RMS vs Nro de GCP



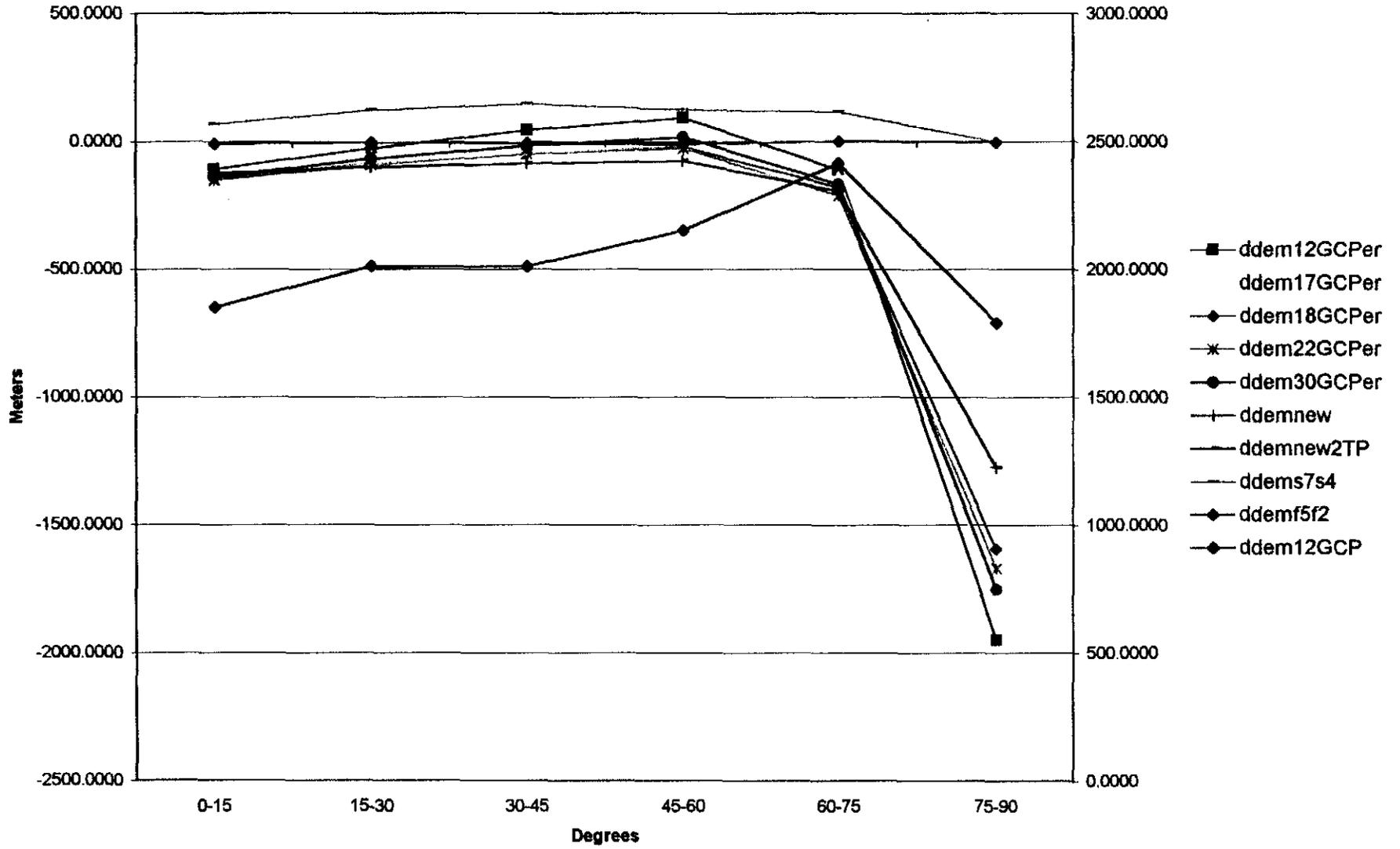
Altitude Error - Under DEM Mask



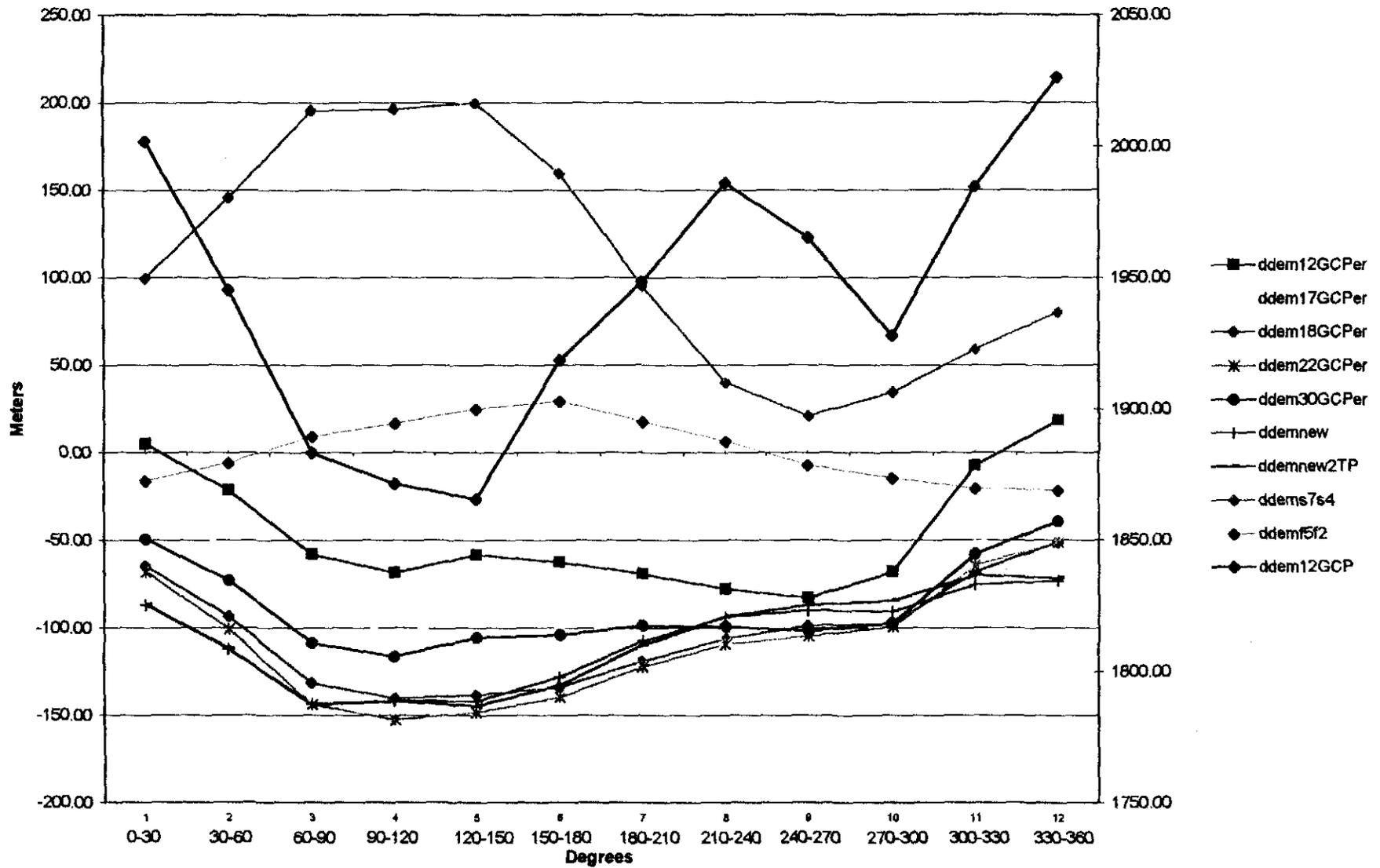
Slope Error



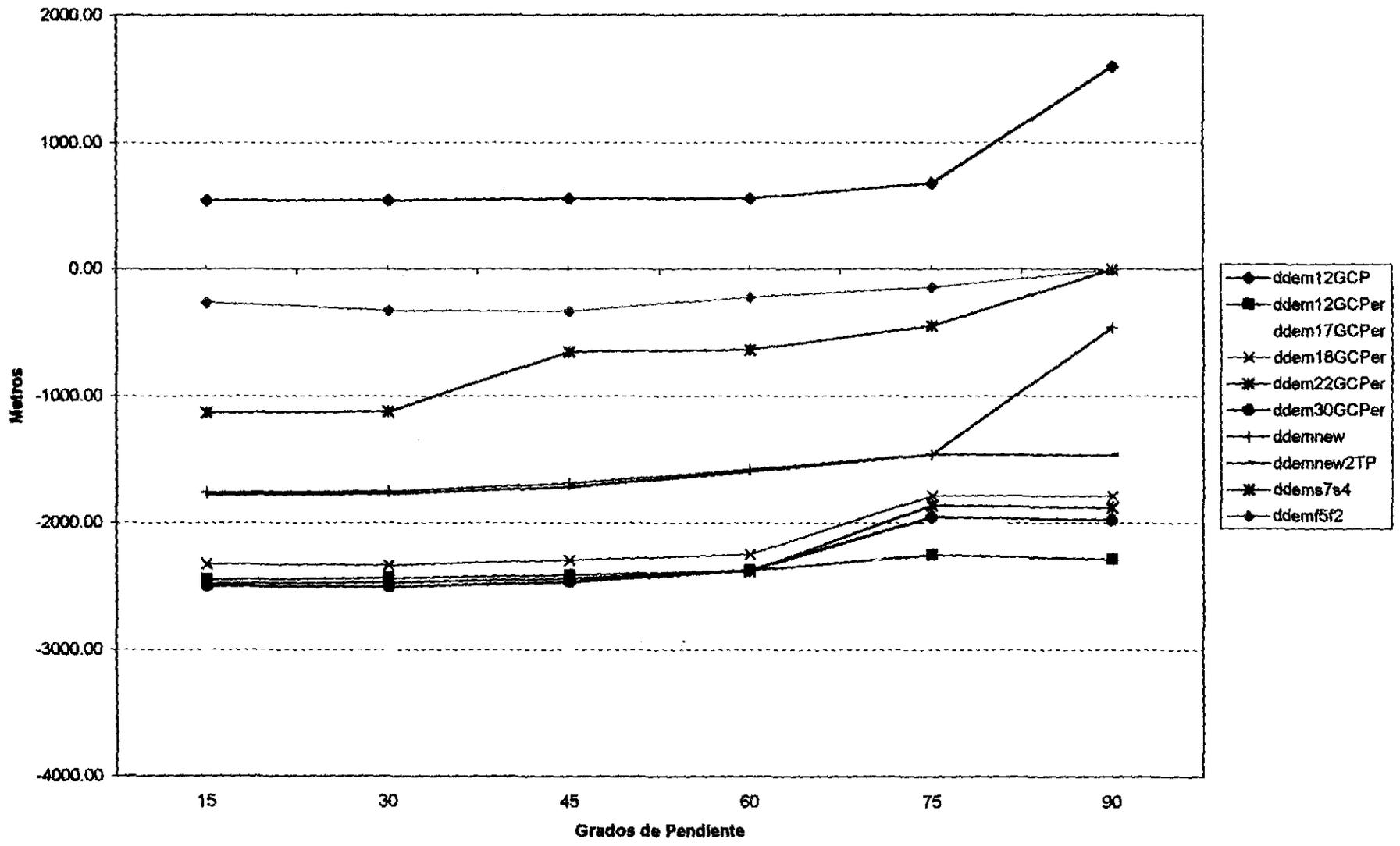
MEAN ERROR - SLOPE



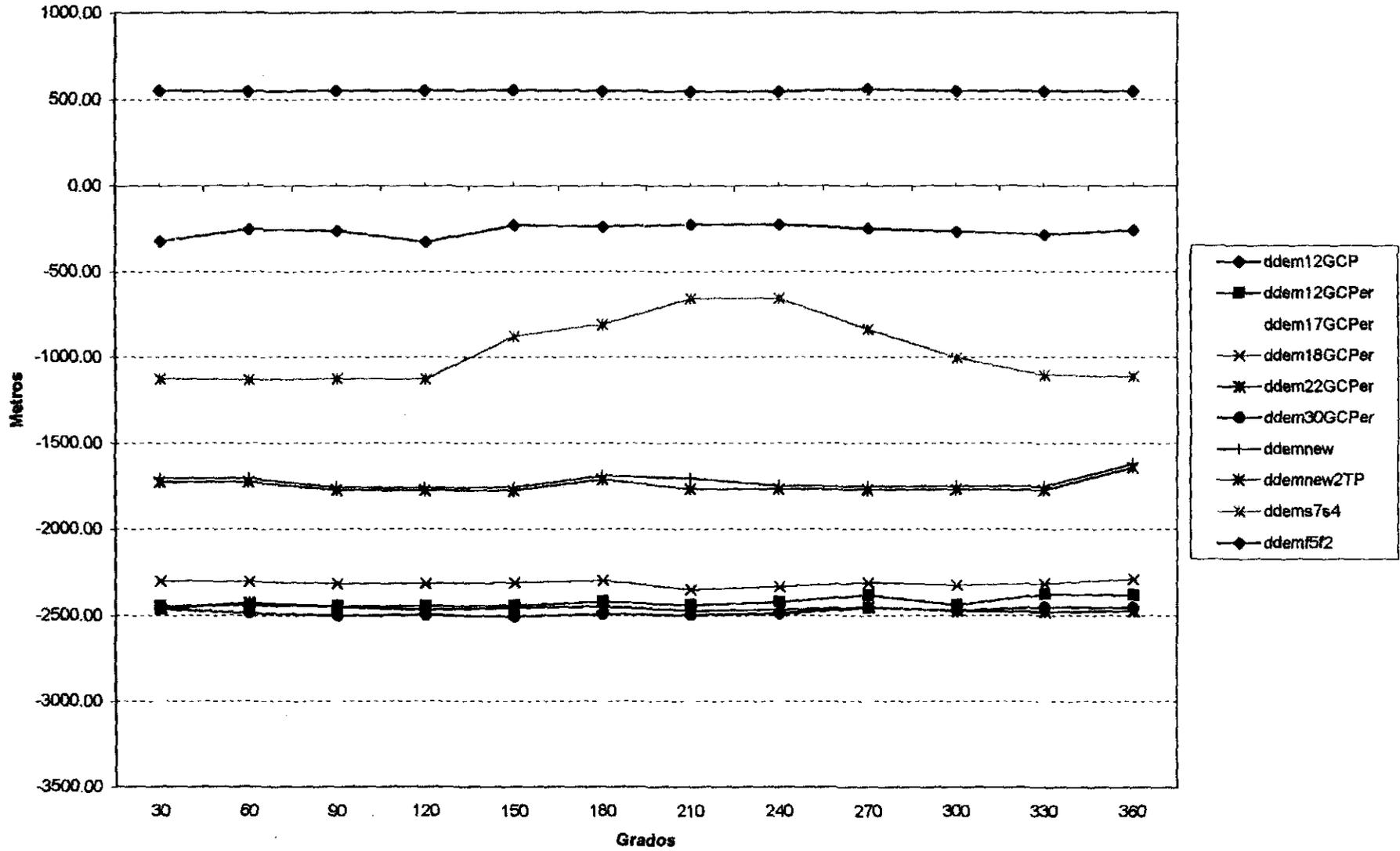
MEAN ERROR - ASPECT



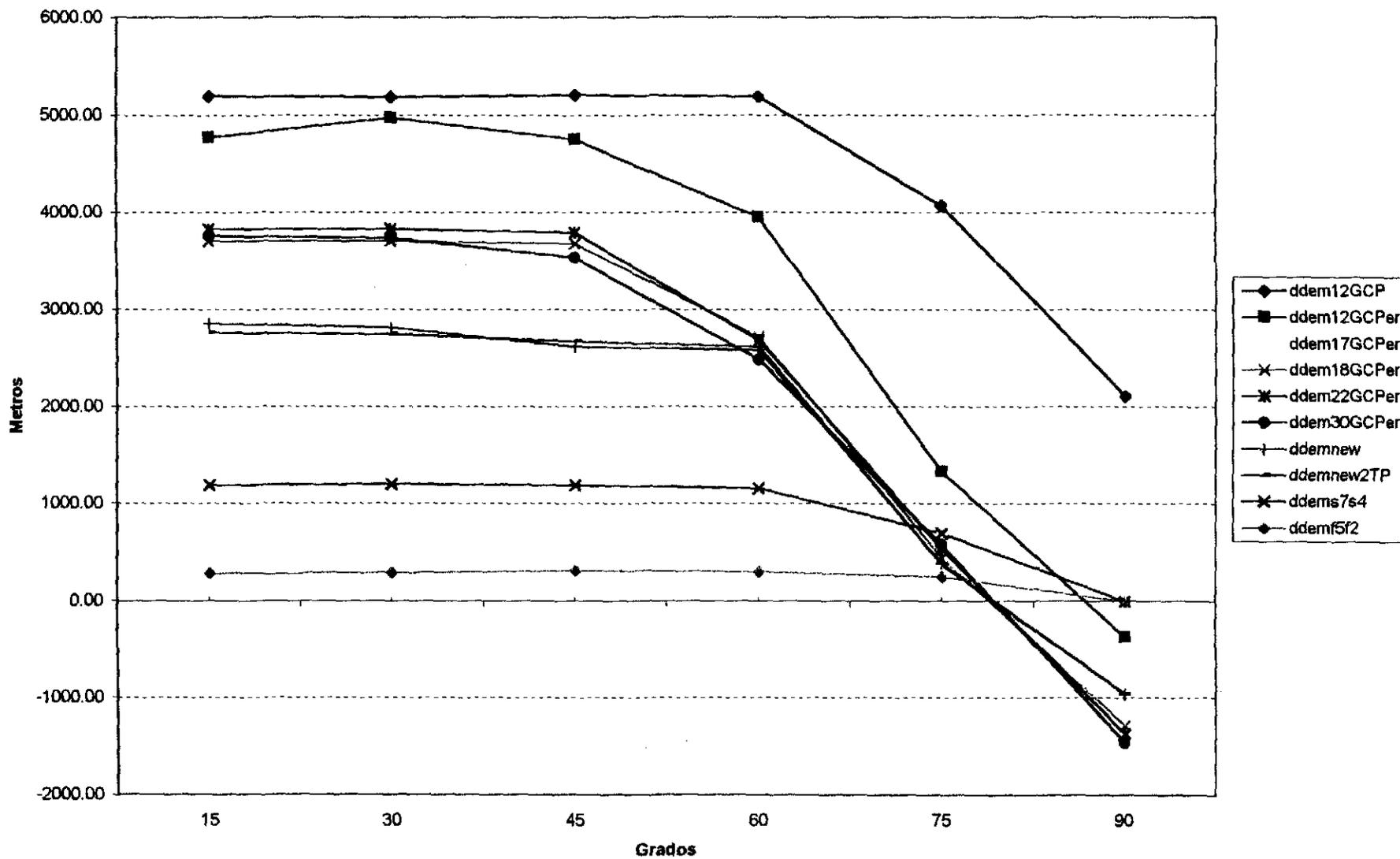
Valores Mínimos



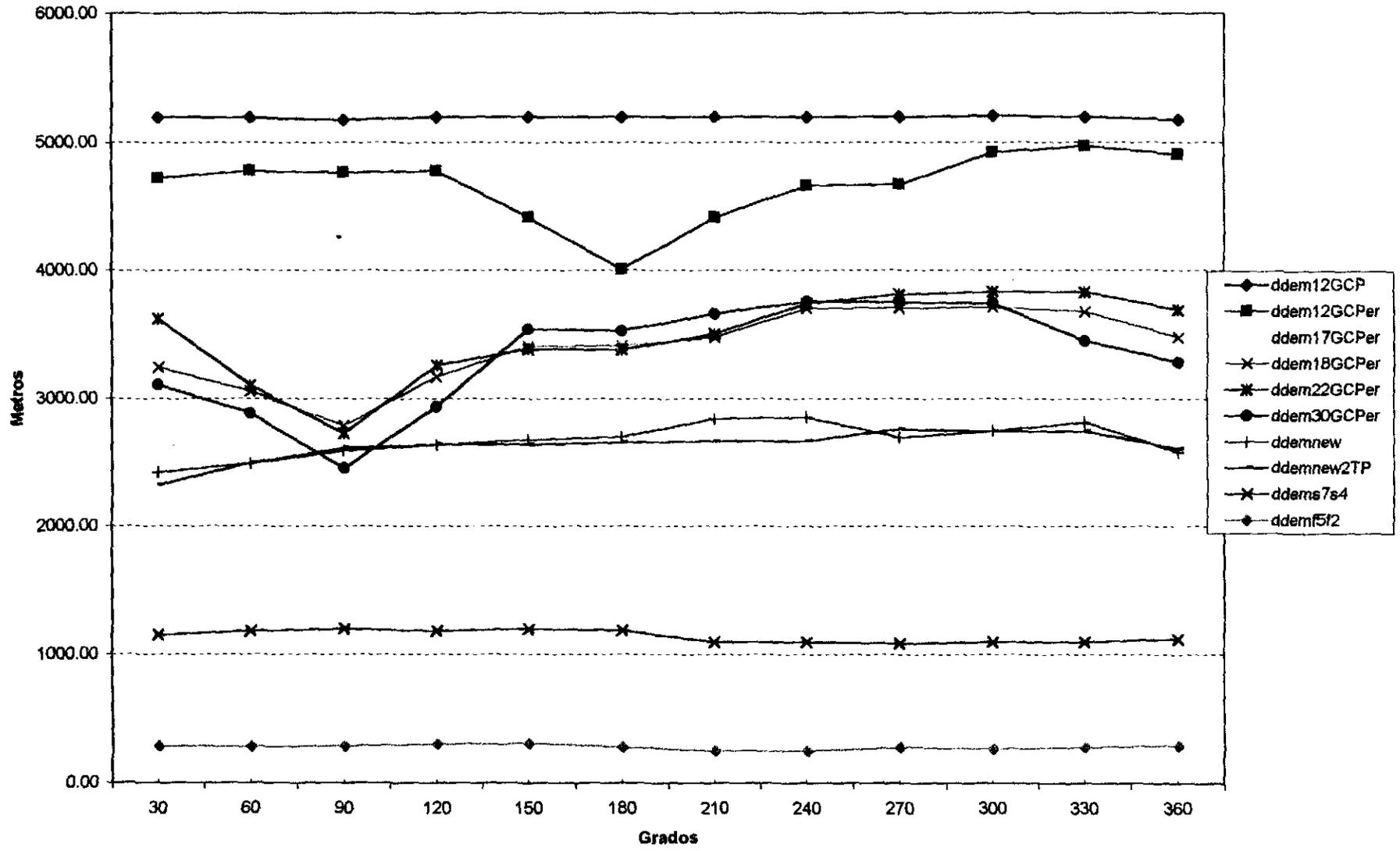
Valores Mínimos



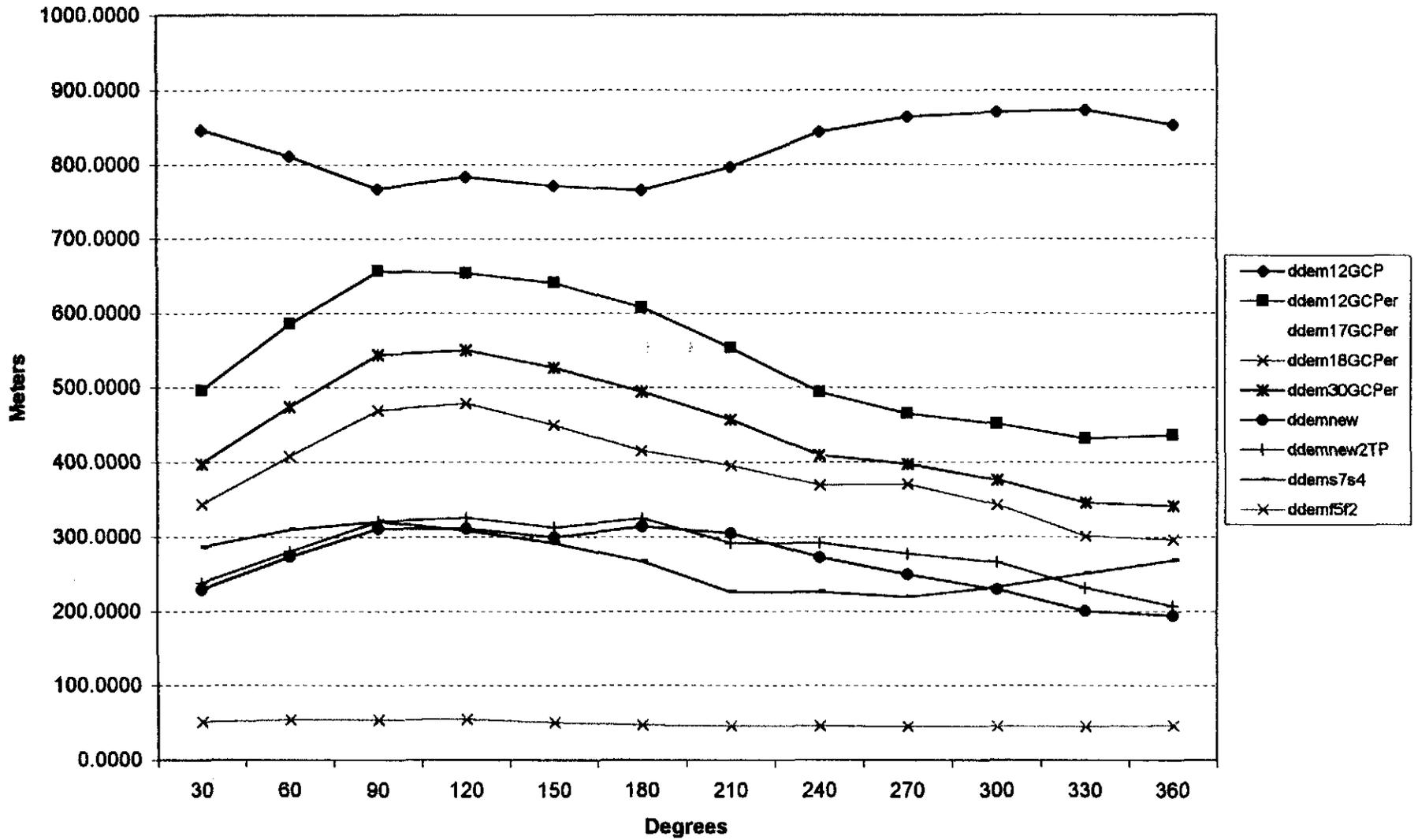
Valores Máximos



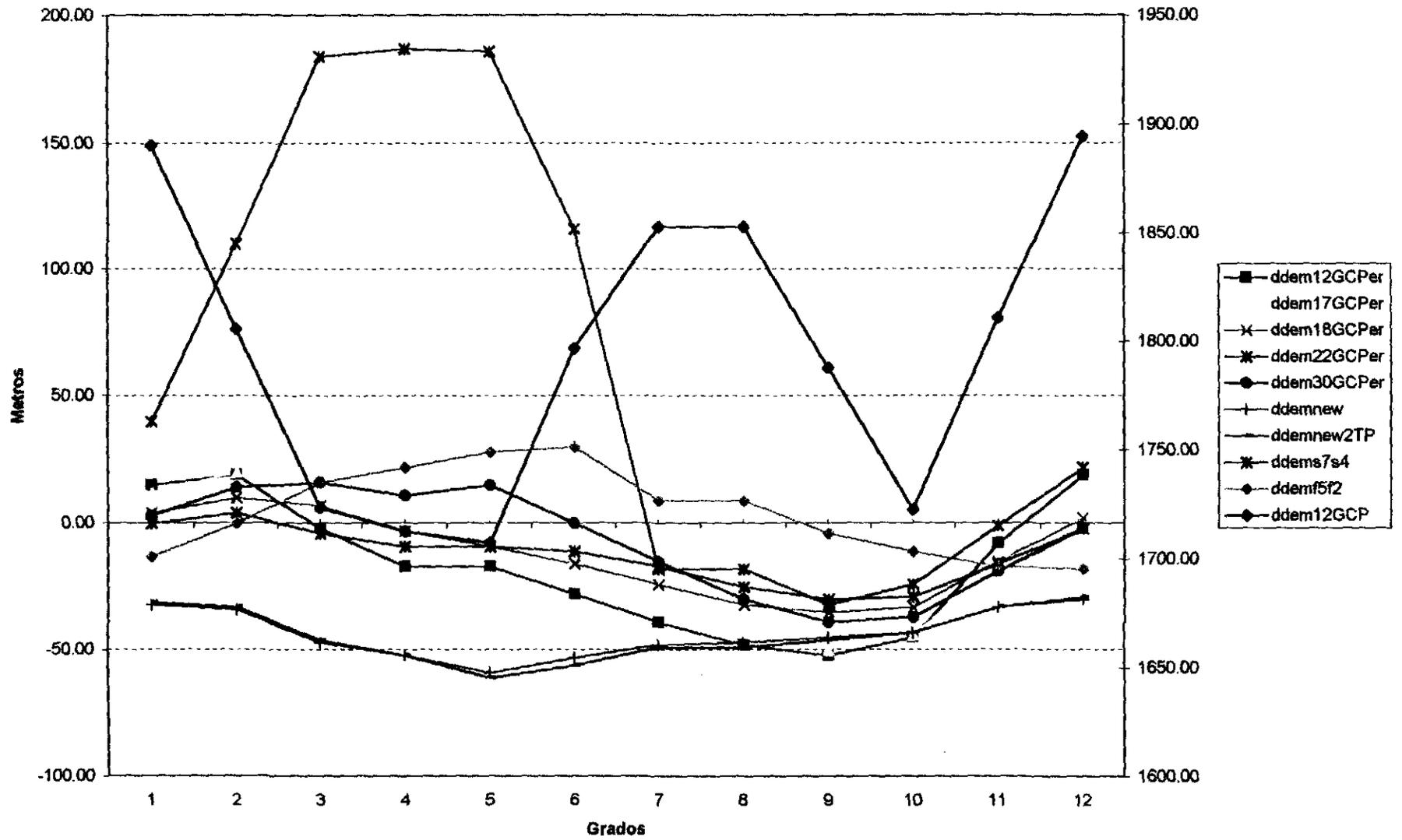
Valores Máximos



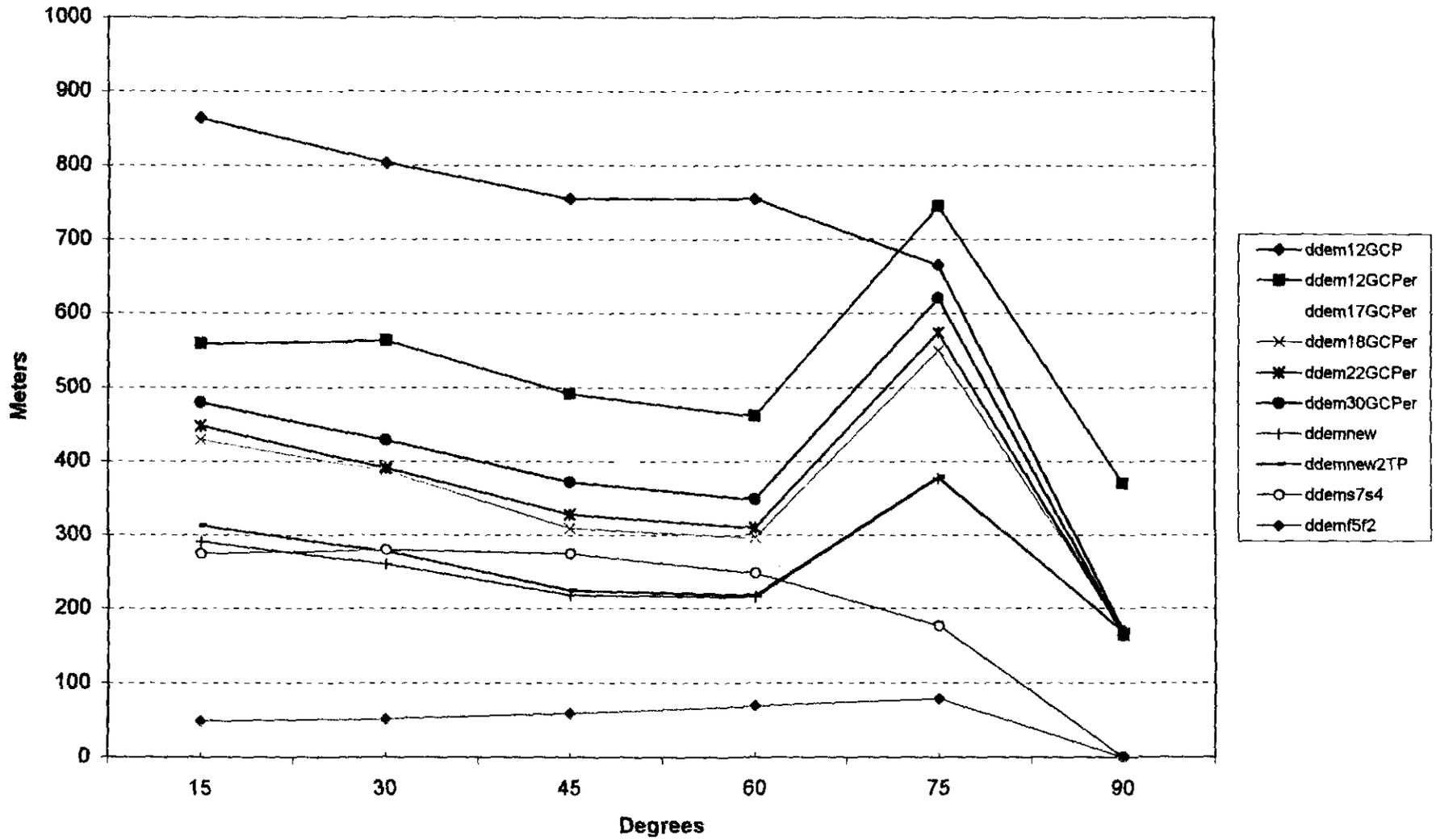
Standard Deviation



Mediana



Standard Deviation
(Desviación Estándar del error en Altitud - Respecto a la Pendiente)



GCP para el MDE con 12 GCP

Residual Error Report

Residual Units: Image Pixels

Residual Info for 2 Images
 GCPs: 24 X RMS 0.84 Y RMS 0.89
 Check Points: 0 X RMS Y RMS
 Tie Points 4 X RMS 1.02 Y RMS 2.16

Listing: GCPs only All Images

Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
9	2.15	-1.3	1.71	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3253.2	1621.2
16	2.13	-1.79	1.15	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1008.7	4578.7
18	2.09	0.25	2.08	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3841.7	776.6
14	1.91	-1.81	-0.61	GCP	man-s2a	1843.5	3613.5	1841.7	3612.9
43	1.88	1.28	-1.38	GCP	man-s2a	4491.5	1524.5	4492.8	1523.1
30	1.55	-0.4	-1.49	GCP	man-s2a	4150.5	85.5	4150.1	84
38	1.55	-1.43	-0.57	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3711.1	2542.9
15	1.54	-1.13	-1.05	GCP	man-s2a	1605.5	3825.5	1604.4	3824.5
10	1.11	-0.19	1.1	GCP	man-s2a	3669.5	1060.5	3669.3	1061.6
97	1.01	0.66	0.76	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5619.2	2625.3
63	0.76	0.69	0.33	GCP	man-s2a	5252.5	1801.5	5253.2	1801.8
41	0.75	0.2	-0.72	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3076.7	3681.8
129	0.72	-0.61	0.37	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1658.9	2821.9
24	0.71	0.44	-0.56	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2612.9	2560.9
47	0.69	-0.69	0.05	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1721.8	3562.6
136	0.67	-0.51	0.43	GCP	man-s7a	3083.5	5823.5	3083	5823.9
37	0.65	-0.23	-0.61	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3526.3	870.9
133	0.51	-0.46	-0.22	GCP	man-s7a	3118.5	5552.5	3118	5552.3
64	0.49	0.39	0.31	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4360.9	3914.8
74	0.46	-0.35	-0.3	GCP	man-s7a	4638.5	3101.5	4638.1	3101.2
60	0.4	0.13	-0.38	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2906.6	4017.1
118	0.37	-0.27	-0.25	GCP	man-s7a	2032.5	502.5	2032.2	502.2
124	0.29	-0.26	0.14	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	136.2	4839.6
32	0.23	-0.2	-0.13	GCP	man-s2a	4121.5	4879.5	4121.3	4879.4
RMS	(x,y)	for worst	5% of	points	in	list:		1.3	1.71

Residual Info for man-s7a
 GCPs: 12 X RMS 0.45 Y RMS 0.45
 Check Points: 0 X RMS Y RMS
 Tie Points 4 X RMS 0.36 Y RMS 2.34

ddem12GCP

+++ Summary pixel counts for all strips:

Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	82950	423946	768152	1396341	1724820	1948815	8247296	33443811
Background	0	0	1770	15216	24039	45550	178469	886772
Overlap	82950	423946	766382	1381125	1700781	1903265	8068827	32557039
Raw Match	79241	356706	633817	1099523	1286462	1379408	5686995	25047473
Accepted	82950	423330	765532	1380375	1699058	1901796	8054559	32367375

=====
 GCP - DEM elevation differences
 =====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	
1	1764	436	898	828	70.1
2	830	1411	799.6	808	-8.4
3	1454	2009	1893	1728	165
4	1017	252	1400	2516	-1116
5	862	1782	900.3	716	184.3
6	1542	2912	2944.7	2754	190.7
7	2810	1313	2694.5	2319	375.5
8	1560	2777	2292.1	1905	387.1
9	2181	1958	3198	3075	123
10	69	2420	899.2	825	74.2
11	1539	1842	1500	1190	310
12	2320	1551	2975.8	2778	197.8

79.44167 188.1182

Number of GCPs:
 Total: 12 in DEM: 12

Elevation error:
 Mean: 79.4m RMS: 378.5m Min: -1116.0m Max: 387.1m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	

Differences not available no Check Points in DEM area.

GCP para el MDE con 12 GCP con pesos en los puntos

Residual Error Report

Residual Units: Image Pixels

Residual	Info	for	2	Images		
	GCPs:	24	X RMS	0.84	Y RMS	0.9
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS	
	Tie P{oints	4	X RMS	1.02	Y RMS	2.14

Listing: GCPs only All Images

Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
9	2.15	-1.3	1.71	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3253.2	1621.2
16	2.13	-1.79	1.15	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1008.7	4578.7
18	2.09	0.24	2.07	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3841.7	776.6
14	1.91	-1.81	-0.61	GCP	man-s2a	1843.5	3613.5	1841.7	3612.9
43	1.89	1.28	-1.38	GCP	man-s2a	4491.5	1524.5	4492.8	1523.1
30	1.55	-0.4	-1.49	GCP	man-s2a	4150.5	85.5	4150.1	84
38	1.55	-1.43	-0.58	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3711.1	2542.9
15	1.54	-1.12	-1.05	GCP	man-s2a	1605.5	3825.5	1604.4	3824.5
10	1.11	-0.19	1.1	GCP	man-s2a	3669.5	1060.5	3669.3	1061.6
97	1.01	0.66	0.77	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5619.2	2625.3
41	0.77	0.2	-0.74	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3076.7	3681.8
63	0.76	0.69	0.33	GCP	man-s2a	5252.5	1801.5	5253.2	1801.8
24	0.71	0.44	-0.56	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2612.9	2560.9
37	0.71	-0.23	-0.67	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3526.3	870.8
129	0.7	-0.62	0.34	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1658.9	2821.8
47	0.69	-0.69	0.03	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1721.8	3562.5
136	0.68	-0.5	0.45	GCP	man-s7a	3083.5	5823.5	3083	5824
64	0.52	0.39	0.35	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4360.9	3914.8
133	0.51	-0.46	-0.23	GCP	man-s7a	3118.5	5552.5	3118	5552.3
74	0.44	-0.35	-0.26	GCP	man-s7a	4638.5	3101.5	4638.2	3101.2
118	0.4	-0.28	-0.29	GCP	man-s7a	2032.5	502.5	2032.2	502.2
60	0.4	0.13	-0.38	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2906.6	4017.1
124	0.31	-0.25	0.17	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	136.2	4839.7
32	0.23	-0.19	-0.13	GCP	man-s2a	4121.5	4879.5	4121.3	4879.4
RMS	(x, y)	for worst	5%	of	points	in	list:	1.3	1.71

Residual	Info	for	man-s7a			
	GCPs:	12	X RMS	0.46	Y RMS	0.47
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS	
	Tie Points	4	X RMS	0.36	Y RMS	2.32

ddem12GCPerr

+++ Summary pixel counts for all strips:

Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	82740	423317	767206	1393952	1723129	1946910	8237196	33407066
Backgroun	0	0	1860	15091	23919	43652	175085	869024
Overlap	82740	423317	765346	1378861	1699210	1903258	8062111	32538042
Raw Match	79228	358903	637755	1112157	1300976	1401016	5761666	25313360
Accepted	82740	423028	765034	1379075	1698712	1903443	8055361	32403347

=====
 GCP - DEM elevation differences
 =====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	
1	1764	436	898	984	-85.9
2	830	1411	799.6	964	-164.4
3	1454	2009	1893	1880	13
4	1017	252	1400	2662	-1262
5	862	1782	900.3	866	34.3
6	1542	2912	2944.7	2902	42.7
7	2810	1313	2694.5	2475	219.5
8	1560	2777	2292.1	2057	235.1
9	2181	1958	3198	3217	-19
10	69	2420	899.2	991	-91.8
11	1539	1842	1500	1343	157
12	2320	1551	2975.8	2927	48.8

-72.725 35.39091

Number of GCPs: "Errp"
 Total: 12 In DEM: 12
 Elevation error:
 Mean: -72.7m RMS: 377.0m Min: -1262.0m Max: 235.1m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	

Differences not available no Check Points in DEM area.

GCP para el MDE con 17 GCP con pesos en los puntos

Residual	Error	Report							
Residual	Units:	Image	Pixels						
Residual	Info	for	2	Images					
Check	GCPs:	34	X RMS	1.29	Y RMS	1.31			
	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points	4	X RMS	1	Y RMS	1.46			
Listing:	GCPs	only	All	Images					
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
26	5.42	-1.8	-5.12	GCP	man-s2a	2557.5	2994.5	2555.7	2989.4
13	4.56	-4.52	-0.58	GCP	man-s2a	2480.5	2985.5	2476	2984.9
30	3.06	-1.22	-2.81	GCP	man-s2a	4150.5	85.5	4149.3	82.7
33	2.38	-2.24	0.82	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4119.3	4765.3
18	2.31	0.55	2.24	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3842.1	776.7
16	2.3	-1.8	1.44	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1008.7	4578.9
9	2.29	-0.42	2.25	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3254.1	1621.8
32	1.95	1.83	-0.65	GCP	man-s2a	4121.5	4879.5	4123.3	4878.9
24	1.93	1.82	0.64	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2614.3	2562.1
43	1.82	1.53	-0.99	GCP	man-s2a	4491.5	1524.5	4493	1523.5
12	1.82	-1.68	-0.71	GCP	man-s2a	2784.5	2654.5	2782.8	2653.8
6	1.72	1.72	-0.04	GCP	man-s2a	4627.5	5786.5	4629.2	5786.5
10	1.18	0.2	1.16	GCP	man-s2a	3669.5	1060.5	3669.7	1061.7
52	1.12	-0.88	0.69	GCP	man-s7a	1427.5	4449.5	1426.6	4450.2
138	1.08	-0.51	-0.95	GCP	man-s7a	3171.5	6097.5	3171	6096.5
38	1.07	0.19	1.05	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3712.7	2544.6
129	1.02	-0.95	0.36	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1658.5	2821.9
11	0.93	-0.92	-0.11	GCP	man-s7a	3640.5	1766.5	3639.6	1766.4
136	0.91	-0.17	0.89	GCP	man-s7a	3083.5	5823.5	3083.3	5824.4
14	0.87	-0.85	0.2	GCP	man-s2a	1843.5	3613.5	1842.6	3613.7
41	0.8	0.5	-0.63	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3077	3681.9
37	0.78	0.78	-0.02	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3527.3	871.5
60	0.77	0.62	-0.46	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2907.1	4017
97	0.73	0.35	0.64	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5618.9	2625.1
118	0.72	-0.7	0.17	GCP	man-s7a	2032.5	502.5	2031.8	502.7
74	0.71	0	-0.71	GCP	man-s7a	4638.5	3101.5	4638.5	3100.8
71	0.67	0.11	0.66	GCP	man-s7a	4961.5	3221.5	4961.6	3222.2
47	0.66	-0.66	0.03	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1721.8	3562.5
15	0.63	-0.44	-0.46	GCP	man-s2a	1605.5	3825.5	1605.1	3825
133	0.58	-0.41	0.41	GCP	man-s7a	3118.5	5552.5	3118.1	5552.9
131	0.5	0.01	0.5	GCP	man-s7a	673.5	2143.5	673.5	2144
64	0.38	0.38	-0.01	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4360.9	3914.5
63	0.34	0.3	0.18	GCP	man-s2a	5252.5	1801.5	5252.8	1801.7
124	0.2	-0.08	-0.18	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	136.4	4839.3
RMS	(x,y)	for worst	5%	of	points	in	list:	1.8	5.12
Residual	Info	for	man-s7a						
Check	GCPs:	17	X RMS	0.58	Y RMS	0.55			
	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points:	4	X RMS	0.32	Y RMS	1.58			

ddem17GCPerr

+++ Level:	Summary pixel	counts	for	all	strips:			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	82950	424620	768964	1397714	1726860	1950861	8251392	33464268
Background	0	1070	4987	16098	22991	31824	137186	576413
Overlap	82950	423550	763977	1381616	1703869	1919037	8114206	32887855
Raw Match	76842	341221	623141	1060168	1273317	1250185	5268462	25083824
Accepted	82910	422643	762017	1375628	1695711	1905149	8055612	32461440

=====
GCP - DEM elevation differences
=====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference	
	1	1454	2009	1893	1906	-13
	2	830	1411	799.6	988	-188.4
	3	69	2420	899.2	983	-83.8
	4	1542	2912	2944.7	2904	40.7
	5	2181	1958	3198	3212	-14
	6	2810	1313	2694.5	2512	182.5
	7	2320	1551	2975.8	2909	66.8
	8	714	2225	1100	1031	69
	9	337	1072	1294.8	2325	-1030.2
	10	1560	2777	2292.1	2115	177.1
	11	1821	884	1497.8	1600	-102.2
	12	1017	252	1400	2418	-1018
	13	1539	1842	1500	1396	104
	14	1764	436	898	958	-60
	15	2481	1611	2858.5	2791	67.5
	16	1586	3049	3498.7	3452	46.7
	17	862	1782	900.3	910	-9.7

-103.824 18.88

Number of GCPs: Total: 17 "Err" in DEM: 17
 Elevation error: Mean: -103.8m RMS: 348.5m Min: -1030.2m Max: 182.5m

=====
Check Point - DEM elevation differences
=====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference
-------------	-----------	--------------	--------------------	-------	----------------------

Differences not available, no Check Points in DEM area.

GCP para el MDE con 18 GCP con pesos en los puntos

Residual	Error	Report								
Residual	Units:	Image	Pixels							
Residual	Info	for	2	images						
	GCPs:	36	X RMS	1.4	Y RMS	1.24				
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS					
	Tie Points	4	X RMS	1.18	Y RMS	1.56				
Listing:	GCPs	only	All	Images						
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y	
51	3.63	3.52	0.9	GCP	man-s2a	6207.5	154.5	6211	155.4	
34	3.43	-2.32	-2.52	GCP	man-s2a	4146.5	4894.5	4144.2	4892	
59	3.29	2.77	1.77	GCP	man-s2a	5698.5	1440.5	5701.3	1442.3	
32	2.98	2.86	0.85	GCP	man-s2a	4121.5	4879.5	4124.4	4880.3	
30	2.94	-1.04	-2.75	GCP	man-s2a	4150.5	85.5	4149.5	82.8	
33	2.56	-1.25	2.23	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4120.2	4766.7	
12	2.56	-2.37	-0.98	GCP	man-s2a	2784.5	2654.5	2782.1	2653.5	
16	2.47	-2.41	0.58	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1008.1	4578.1	
43	2.37	0.73	-2.26	GCP	man-s2a	4491.5	1524.5	4492.2	1522.2	
18	2.19	0.48	2.14	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3842	776.6	
9	2.1	-0.95	1.88	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3253.6	1621.4	
63	1.85	0.25	-1.83	GCP	man-s2a	5252.5	1801.5	5252.7	1799.7	
6	1.81	1.81	0	GCP	man-s2a	4627.5	5786.5	4629.3	5786.5	
14	1.8	-1.74	-0.46	GCP	man-s2a	1843.5	3613.5	1841.8	3613	
15	1.75	-1.25	-1.22	GCP	man-s2a	1605.5	3825.5	1604.2	3824.3	
90	1.68	0.51	1.6	GCP	man-s7a	5030.5	3040.5	5031	3042.1	
65	1.68	1.58	-0.57	GCP	man-s7a	3542.5	3822.5	3544.1	3821.9	
84	1.6	-0.71	-1.43	GCP	man-s7a	4352.5	2330.5	4351.8	2329.1	
129	1.27	-0.67	1.08	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1658.8	2822.6	
52	1.27	-1.15	0.52	GCP	man-s7a	1427.5	4449.5	1426.3	4450	
133	1.17	-1.14	-0.29	GCP	man-s7a	3118.5	5552.5	3117.4	5552.2	
24	1.16	1.13	0.22	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2613.6	2561.7	
41	1.09	-0.15	-1.08	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3076.4	3681.4	
136	0.95	-0.34	0.89	GCP	man-s7a	3083.5	5823.5	3083.2	5824.4	
11	0.93	-0.92	0.16	GCP	man-s7a	3640.5	1766.5	3639.6	1766.7	
38	0.9	-0.78	0.46	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3711.7	2544	
10	0.87	-0.17	0.85	GCP	man-s2a	3669.5	1060.5	3669.3	1061.3	
37	0.85	0.82	0.25	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3527.3	871.7	
47	0.84	-0.82	0.15	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1721.7	3562.6	
64	0.75	0.63	0.41	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4361.1	3914.9	
60	0.56	0.3	-0.48	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2906.8	4017	
138	0.52	-0.27	-0.45	GCP	man-s7a	3171.5	6097.5	3171.2	6097.1	
74	0.51	0.23	-0.46	GCP	man-s7a	4638.5	3101.5	4638.7	3101	
97	0.38	0.1	-0.37	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5618.6	2624.1	
124	0.37	0.37	-0.06	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	136.9	4839.4	
71	0.36	0.05	0.36	GCP	man-s7a	4961.5	3221.5	4961.5	3221.9	
RMS	(x,y)	for worst	5%	of	points	in	list:	3.52	0.9	
Residual	Info	for	man-s7a							
	GCPs:	18	X RMS	0.74	Y RMS	0.75				
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS					
	Tie Points	4	X RMS	0.26	Y RMS	1.7				

ddem18GCPerr

Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	120564	412549	746820	1462024	1676646	1893955	8220968	32912230
Background	342	4728	11204	42102	46667	69737	301521	1075639
Overlap	120222	407821	735616	1419922	1629979	1824218	7919447	31836591
Raw Match	110655	282891	518083	1091660	1148449	1156727	4943382	21915744
Accepted	120207	402706	724291	1398918	1602876	1787615	7748661	30741412

=====
 GCP - DEM elevation differences
 =====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	
1	1454	2009	1893	1896	-3
2	830	1411	799.6	954	-154.4
4	2177	1166	2580.4	2592	-11.6
5	2181	1958	3198	3200	-2
6	2810	1313	2694.5	2596	98.5
7	2320	1551	2975.8	2904	71.8
8	2516	1521	2579.3	2513	66.3
9	714	2225	1100	1027	73
10	1560	2777	2292.1	2173	119.1
11	1821	884	1497.8	1564	-66.2
12	862	1782	900.3	901	-0.7
13	1539	1842	1500	1431	69
14	1764	436	898	956	-58
15	2481	1611	2858.5	2830	28.5
16	1586	3049	3498.7	3429	69.7
17	1772	1912	1995.3	1960	35.3
18	1542	2912	2944.7	2926	18.7

Number of GCPs:
 Total: 18 In DEM: 17
 Elevation error:
 Mean: 20.8m RMS: 66.5m Min: -154.4m Max: 119.1m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	

Differences not available no Check Points in DEM area.

GCP para el MDE con 22 GCP con pesos en los puntos

Residual	Error	Report							
Residual	Units:	Image	Pixels						
Residual	Info	for	2	Images					
Check	GCPs:	44	X RMS	1.68	Y RMS	1.7			
	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points	4	X RMS	1.16	Y RMS	1.57			
Listing:	GCPs	only	All	Images					
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
26	5.4	-2.53	-4.77	GCP	man-s2a	2557.5	2994.5	2555	2989.7
13	5.27	-5.27	-0.3	GCP	man-s2a	2480.5	2985.5	2475.2	2985.2
25	3.72	2.33	-2.9	GCP	man-s2a	2753.5	2672.5	2755.8	2669.6
59	3.69	3.01	2.13	GCP	man-s2a	5698.5	1440.5	5701.5	1442.6
28	3.58	0.54	3.54	GCP	man-s2a	1271.5	4405.5	1272	4409
34	3.51	-2.46	-2.5	GCP	man-s2a	4146.5	4894.5	4144	4892
16	3.34	-3.24	-0.81	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1007.3	4576.7
30	3.2	-1.22	-2.96	GCP	man-s2a	4150.5	85.5	4149.3	82.5
9	2.96	-0.62	2.89	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3253.9	1622.4
51	2.92	2.88	-0.47	GCP	man-s2a	6207.5	154.5	6210.4	154
32	2.87	2.73	0.87	GCP	man-s2a	4121.5	4879.5	4124.2	4880.4
20	2.8	-0.44	2.77	GCP	man-s7a	3651.5	1943.5	3651.1	1946.3
33	2.71	-1.35	2.35	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4120.1	4766.8
18	2.68	0.58	2.62	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3842.1	777.1
56	2.51	-2.04	-1.46	GCP	man-s7a	2122.5	4826.5	2120.5	4825
3	2.17	-1.5	-1.57	GCP	man-s7a	3638.5	1495.5	3637	1493.9
12	2.11	-2.11	-0.05	GCP	man-s2a	2784.5	2654.5	2782.4	2654.5
65	2.01	1.97	-0.42	GCP	man-s7a	3542.5	3822.5	3544.5	3822.1
15	2.01	-1.5	-1.34	GCP	man-s2a	1605.5	3825.5	1604	3824.2
6	1.96	1.94	-0.29	GCP	man-s2a	4627.5	5786.5	4629.4	5786.2
43	1.88	1.03	-1.58	GCP	man-s2a	4491.5	1524.5	4492.5	1522.9
14	1.86	-1.84	-0.29	GCP	man-s2a	1843.5	3613.5	1841.7	3613.2
24	1.85	1.41	1.2	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2613.9	2562.7
135	1.8	-1.19	-1.35	GCP	man-s7a	3251.5	5963.5	3250.3	5962.2
84	1.79	-0.32	-1.77	GCP	man-s7a	4352.5	2330.5	4352.2	2328.7
90	1.71	0.48	1.65	GCP	man-s7a	5030.5	3040.5	5031	3042.1
37	1.58	1.55	0.32	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3528.1	871.8
10	1.56	0.05	1.56	GCP	man-s2a	3669.5	1060.5	3669.6	1062.1
136	1.55	0.21	1.54	GCP	man-s7a	3083.5	5823.5	3083.7	5825
38	1.5	-0.4	1.44	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3712.1	2544.9
129	1.4	-1.02	0.95	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1658.5	2822.4
63	1.27	0.54	-1.15	GCP	man-s2a	5252.5	1801.5	5253	1800.3
52	0.97	-0.57	0.79	GCP	man-s7a	1427.5	4449.5	1426.9	4450.3
41	0.96	0.39	-0.88	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3076.9	3681.6
60	0.87	0.78	-0.38	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2907.3	4017.1
74	0.73	0.21	-0.7	GCP	man-s7a	4638.5	3101.5	4638.7	3100.8
47	0.7	-0.66	0.21	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1721.8	3562.7
133	0.68	-0.47	0.49	GCP	man-s7a	3118.5	5552.5	3118	5553
124	0.61	0.59	0.17	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	137.1	4839.7
64	0.47	0.39	0.27	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4360.9	3914.8
71	0.33	-0.13	0.3	GCP	man-s7a	4961.5	3221.5	4961.4	3221.8
11	0.32	-0.32	0.04	GCP	man-s7a	3640.5	1766.5	3640.2	1766.5
97	0.31	0.01	-0.31	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5618.5	2624.2
138	0.19	0.12	0.15	GCP	man-s7a	3171.5	6097.5	3171.6	6097.6
RMS	(x, y)	for worst	5%	of	points	in	list:	5.84	4.78
Residual	Info	for	man-s7a						
	GCPs:	22	X RMS	0.93	Y RMS	1.11			
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points	4	X RMS	0.23	Y RMS	1.7			

ddem22GCPerr

Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total # Pix	82740	423317	767206	1394968	1723129	1946910	8235215	33407088
Background	16	2279	6732	18468	26772	46725	174759	743658
Overlap	82724	421038	760474	1376500	1696357	1900185	8060456	32663430
Raw Match	76007	300233	547884	1047256	1172483	1206618	5096259	23769723
Accepted	82634	415213	748922	1352188	1662342	1850339	7842857	31601805

=====
 GCP - DEM elevation differences
 =====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	
1	1454	2009	1893	1892	1
2	830	1411	799.6	973	-173.4
3	1820	748	1299.6	1475	-175.4
4	2177	1166	2580.4	2577	3.4
5	1626	2982	3183.7	3085	98.7
6	2810	1313	2694.5	2592	102.5
7	2320	1551	2975.8	2920	55.8
8	2516	1521	2579.3	2516	63.3
9	69	2420	899.2	948	-48.8
10	1560	2777	2292.1	2152	140.1
11	1821	884	1497.8	1566	-68.2
12	714	2225	1100	1008	92
13	1539	1842	1500	1401	99
14	1764	436	898	945	-47
15	2481	1611	2858.5	2839	19.5
16	1586	3049	3498.7	3451	47.7
17	1772	1912	1995.3	1953	42.3
18	1542	2912	2944.7	2907	37.7
19	1826	972	1651.3	1686	-34.7
20	1062	2414	1476	1209	267
21	862	1782	900.3	902	-1.7
22	2181	1958	3198	3223	-25

Number of GCPs: "Err"
 Total: 22 In DEM: 22 Sin los 2 ptos de más error
 Elevation error:
 Mean: 22.5m RMS: 96.1m Min: -175.4m Max: 267.0m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	

GCP para el MDE con 30 GCP con pesos en los puntos

Residual	Error	Report							
Residual	Units:	Image	Pixels						
Residual	Info	for	2	Images					
	GCPs:	50	X RMS	2.18	Y RMS	1.68			
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie	4	X RMS	1.09	Y RMS	2.3			
Listing:	GCPs	only	All	Images					
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
160	9.11	-8.87	2.11	GCP	man-s7a	1907.5	2908.5	1898.6	2910.6
26	5.28	-1.88	-4.93	GCP	man-s2a	2557.5	2994.5	2555.6	2989.6
13	4.66	-4.64	-0.45	GCP	man-s2a	2480.5	2985.5	2475.9	2985.1
126	4.04	-3.75	1.51	GCP	man-s7a	1185.5	2863.5	1181.8	2865
117	3.87	-3.79	0.76	GCP	man-s7a	1409.5	665.5	1405.7	666.3
34	3.41	-2.34	-2.48	GCP	man-s2a	4146.5	4894.5	4144.2	4892
155	3.34	2.95	1.56	GCP	man-s7a	624.5	684.5	627.5	686.1
154	3.3	0.57	-3.25	GCP	man-s7a	4057.5	6025.5	4058.1	6022.2
59	3.28	2.67	1.9	GCP	man-s2a	5698.5	1440.5	5701.2	1442.4
30	3.21	-1.17	-2.99	GCP	man-s2a	4150.5	85.5	4149.3	82.5
65	3.15	3.04	-0.83	GCP	man-s7a	3542.5	3822.5	3545.5	3821.7
32	3.04	2.9	0.9	GCP	man-s2a	4121.5	4879.5	4124.4	4880.4
90	2.71	1.2	2.43	GCP	man-s7a	5030.5	3040.5	5031.7	3042.9
136	2.69	-1.18	2.42	GCP	man-s7a	3083.5	5823.5	3082.3	5825.9
51	2.67	2.65	0.36	GCP	man-s2a	6207.5	154.5	6210.1	154.9
138	2.61	-2.33	1.19	GCP	man-s7a	3171.5	6097.5	3169.2	6098.7
33	2.61	-1.19	2.32	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4120.3	4766.8
41	2.58	1.99	-1.66	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3078.5	3680.8
43	2.4	1.32	-2	GCP	man-s2a	4491.5	1524.5	4492.8	1522.5
9	2.37	-0.48	2.33	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3254	1621.8
152	2.33	-1.59	1.71	GCP	man-s7a	851.8	3192.8	850.2	3194.5
18	2.32	0.62	2.24	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3842.1	776.7
116	2.3	-1.71	-1.53	GCP	man-s7a	1226.2	897.8	1224.5	896.2
129	2.3	1.14	-2	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1660.6	2819.5
47	2.29	1.34	-1.86	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1723.8	3560.6
37	2.27	2.2	-0.56	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3528.7	870.9
16	2.09	-1.86	0.96	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1008.6	4578.5
84	2.09	-0.76	-1.94	GCP	man-s7a	4352.5	2330.5	4351.7	2328.6
60	2	1.6	-1.2	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2908.1	4016.3
24	1.96	1.77	0.84	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2614.3	2562.3
141	1.85	-1.68	-0.78	GCP	man-s7a	6754.5	1199.5	6752.8	1198.7
6	1.75	1.74	-0.16	GCP	man-s2a	4627.5	5786.5	4629.2	5786.3
124	1.73	1.27	-1.17	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	137.8	4838.3
12	1.69	-1.65	-0.39	GCP	man-s2a	2784.5	2654.5	2782.9	2654.1
63	1.63	0.3	-1.6	GCP	man-s2a	5252.5	1801.5	5252.8	1799.9
153	1.53	0.51	1.44	GCP	man-s7a	557.8	3489.2	558.3	3490.7

ddem30GCPe

GCP		DEM		elevation differences		
GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference	
1	2810	1313	2694.5	2534	160.5	
2	3547	447	736	288	448	
3	1764	436	898	943	-45	
4	1454	2009	1893	1890	3	
5	714	2225	1100	1019	81	
6	1772	1912	1995.3	1946	49.3	
7	2181	1958	3198	3218	-20	
8	2320	1551	2975.8	2911	64.8	
9	862	1782	900.3	890	10.3	
10	3378	600	1098.1	712	386.1	
11	1821	884	1497.8	1566	-68.2	
12	830	1411	799.6	958	-158.4	
13	593	1432	1200.6	1727	-526.4	
14	426	1597	1567	2264	-697	
15	279	1745	1702	2601	-899	
16	313	343	2000	3943	-1943	
17	2029	3013	5300	1274	4026	
18	2516	1521	2579.3	2474	105.3	
19	2481	1611	2858.5	2795	63.5	
20	543	1359	1399.2	2173	-773.8	
21	1560	2777	2292.1	2147	145.1	
22	69	2420	899.2	960	-60.8	
23	613	449	2002	3482	-1480	
24	1542	2912	2944.7	2936	8.7	
25	1017	252	1400	2397	-997	
26	1586	3049	3498.7	3469	29.7	
27	705	333	2100	3619	-1519	
28	2177	1166	2580.4	2594	-13.6	
29	1539	1842	1500	1394	106	
30	954	1455	800	907	-107	

Number of GCPs: Total: 30 In DEM: 30
 Elevation error: Mean: -120.7m RMS: 960.8m Min: -1943.0m Max: 4026.0m

Check Point		DEM		elevation differences		
Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference	

Differences not available no Check Points in DEM area.

Nuevos GCP tomados "estereoscópicamente" para MDE (ddemnew)

Residual	Error	Report							
Residual	Units:	Image	Pixels						
Residual	Info	for	2	Images					
	GCPs:	34	X RMS	2.08	Y RMS	1.21			
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points	10	X RMS	4.72	Y RMS	1.48			
Listing:	GCPs	only	All	Images					
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
52	5.41	-5.03	-2	GCP	man-s2a	2287.5	4201.5	2282.5	4199.5
64	4.02	3.65	-1.69	GCP	man-s2a	5084.5	3676.5	5088.2	3674.8
47	3.57	-3.07	-1.82	GCP	man-s2a	2608.5	3313.5	2605.4	3311.7
129	3.42	3.41	-0.25	GCP	man-s2a	2559.5	2570.5	2562.9	2570.3
11	3.39	2.51	-2.28	GCP	man-s2a	4492.5	1524.5	4495	1522.2
59	3.36	2.97	1.58	GCP	man-s2a	5698.5	1440.5	5701.5	1442.1
9	3.12	-3.02	0.77	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3251.5	1620.3
15	3.11	-2.35	2.04	GCP	man-s2a	1591.2	3804.8	1588.9	3806.8
84	3.11	0.29	-3.1	GCP	man-s7a	4352.5	2330.5	4352.8	2327.4
59	2.82	2.12	1.87	GCP	man-s7a	4930.5	1678.5	4932.6	1680.4
52	2.76	-2.66	0.74	GCP	man-s7a	1427.5	4449.5	1424.8	4450.2
129	2.68	2.63	0.51	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1662.1	2822
71	2.61	2.34	1.16	GCP	man-s2a	5718.5	2982.5	5720.8	2983.7
9	2.51	-2.39	0.8	GCP	man-s7a	2345.5	1868.5	2343.1	1869.3
97	2.5	2.46	0.48	GCP	man-s2a	6394.6	2387.9	6397.1	2388.4
60	2.39	-0.75	2.27	GCP	man-s2a	3713.5	3769.5	3712.8	3771.8
33	2.24	1.99	1.03	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4123.5	4765.5
38	2.22	-2.21	0.26	GCP	man-s7a	2853.5	2789.5	2851.3	2789.8
33	2.18	2.18	-0.06	GCP	man-s7a	3353.5	5007.5	3355.7	5007.4
6	1.15	0.99	-0.57	GCP	man-s2a	4627.5	5786.5	4628.5	5785.9
124	1	-0.34	-0.94	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	136.2	4838.6
60	0.96	-0.95	-0.15	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2905.5	4017.4
15	0.94	-0.6	0.72	GCP	man-s7a	707.5	4060.5	706.9	4061.2
38	0.87	-0.63	-0.6	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3711.9	2542.9
11	0.74	-0.26	-0.7	GCP	man-s7a	3640.5	1766.5	3640.2	1765.8
97	0.66	0.04	-0.66	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5618.5	2623.8
6	0.56	-0.49	0.26	GCP	man-s7a	4057.5	6023.5	4057	6023.8
64	0.39	0.04	0.39	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4360.5	3914.9
47	0.38	0.38	0.02	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1722.9	3562.5
124	0.25	-0.14	-0.21	GCP	man-s2a	1009.5	4583.5	1009.4	4583.3
71	0.24	0.06	0.23	GCP	man-s7a	4961.5	3221.5	4961.6	3221.7
84	0.19	0.19	0.02	GCP	man-s2a	5129.9	2086.4	5130.1	2086.5
37	0.16	-0.08	-0.14	GCP	man-s2a	4431.5	628.5	4431.4	628.4
37	0.12	0.06	0.11	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3526.6	871.6
RMS	(x, y)	for worst	5%	of	points	in	list:	5.03	2
Residual	Info	for	man-s7a						
	GCPs:	17	X RMS	1.49	Y RMS	1.04			
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points	10	X RMS	2.66	Y RMS	1.54			

ddemnew

Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	83160	425880	771672	1400460	1731939	1956582	8275566	33558203
Background	315	4111	10386	23727	33750	42571	184160	768222
Overlap	82845	421769	761286	1376733	1698189	1914011	8091406	32789981
Raw Match	76579	338265	619524	1054204	1272115	1288414	5455488	20748473
Accepted	82718	420609	758904	1369096	1688355	1898360	8025768	31827741

=====
 GCP - DEM elevation differences
 =====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	
1	1454	2009	1893	1920	-27
2	830	1411	799.6	874	-74.4
3	69	2420	899.2	934	-34.8
4	2177	1166	2580.4	2570	10.4
5	2181	1958	3198	3240	-42
6	2810	1313	2694.5	2655	39.5
7	1677	2504	2398.8	2396	2.8
8	2466	840	2789.8	2785	4.8
9	714	2225	1100	1077	23
11	1821	884	1497.8	1553	-55.2
12	862	1782	900.3	874	26.3
13	1427	1395	1292.3	1338	-45.7
14	1764	436	898	947	-49
15	2481	1611	2858.5	2864	-5.5
16	354	2031	901	920	-19
17	1173	935	803	847	-44

Number of GCPs:
 Total: 17 In DEM: 16
 Elevation error:
 Mean: -18.1m RMS: 32.4m Min: -74.4m Max: 39.5m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m)		Generated Difference
			GCP	Input	

Differences not available no Check Points in DEM area.

Nuevos GCP tomados "estereoscópicamente" + 2 TP en zona de alto error para MDE (ddemnew2TP)

Residual Error	Report									
Residual	Units:	Image	Pixels							
Residual	Info	for	2	Images						
Check	GCPs:	34	X RMS	2.09	Y RMS	1.2				
	Points:	0	X RMS		Y RMS					
	Tie Points	11	X RMS	4.68	Y RMS	0.8				
Listing:	GCPs	only	All	Images						
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y	
52	5.45	-5.04	-2.07	GCP	man-s2a	2287.5	4201.5	2282.5	4199.4	
64	4.08	3.68	-1.76	GCP	man-s2a	5084.5	3676.5	5088.2	3674.7	
47	3.59	-3.09	-1.83	GCP	man-s2a	2608.5	3313.5	2605.4	3311.7	
59	3.41	2.98	1.66	GCP	man-s2a	5698.5	1440.5	5701.5	1442.2	
129	3.4	3.4	-0.14	GCP	man-s2a	2559.5	2570.5	2562.9	2570.4	
11	3.29	2.5	-2.13	GCP	man-s2a	4492.5	1524.5	4495	1522.4	
9	3.18	-3.02	1.01	GCP	man-s2a	3254.5	1619.5	3251.5	1620.5	
84	3.15	0.3	-3.14	GCP	man-s7a	4352.5	2330.5	4352.8	2327.4	
15	3.1	-2.35	2.02	GCP	man-s2a	1591.2	3804.8	1588.9	3806.8	
52	2.77	-2.65	0.8	GCP	man-s7a	1427.5	4449.5	1424.9	4450.3	
59	2.75	2.11	1.77	GCP	man-s7a	4930.5	1678.5	4932.6	1680.3	
129	2.67	2.64	0.42	GCP	man-s7a	1659.5	2821.5	1662.1	2821.9	
71	2.58	2.35	1.07	GCP	man-s2a	5718.5	2982.5	5720.9	2983.6	
97	2.49	2.46	0.37	GCP	man-s2a	6394.6	2387.9	6397.1	2388.3	
9	2.46	-2.39	0.57	GCP	man-s7a	2345.5	1868.5	2343.1	1869.1	
60	2.34	-0.76	2.21	GCP	man-s2a	3713.5	3769.5	3712.7	3771.7	
33	2.24	2.02	0.97	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4123.5	4765.5	
38	2.19	-2.18	0.22	GCP	man-s7a	2853.5	2789.5	2851.3	2789.7	
33	2.15	2.15	0.02	GCP	man-s7a	3353.5	5007.5	3355.6	5007.5	
6	1.28	1.2	-0.45	GCP	man-s2a	4627.5	5786.5	4628.7	5786.1	
124	0.96	-0.35	-0.89	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	136.1	4838.6	
15	0.95	-0.6	0.73	GCP	man-s7a	707.5	4060.5	706.9	4061.2	
60	0.94	-0.94	-0.09	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2905.6	4017.4	
11	0.88	-0.25	-0.85	GCP	man-s7a	3640.5	1766.5	3640.3	1765.7	
38	0.86	-0.66	-0.55	GCP	man-s2a	3712.5	2543.5	3711.8	2542.9	
6	0.72	-0.7	0.15	GCP	man-s7a	4057.5	6023.5	4056.8	6023.6	
97	0.57	0.04	-0.57	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5618.5	2623.9	
64	0.46	0.01	0.46	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4360.5	3915	
47	0.4	0.4	0.02	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1722.9	3562.5	
71	0.32	0.05	0.32	GCP	man-s7a	4961.5	3221.5	4961.6	3221.8	
124	0.31	-0.12	-0.29	GCP	man-s2a	1009.5	4583.5	1009.4	4583.2	
37	0.23	0.04	-0.23	GCP	man-s7a	3526.5	871.5	3526.5	871.3	
37	0.21	-0.06	0.2	GCP	man-s2a	4431.5	628.5	4431.4	628.7	
84	0.2	0.19	0.06	GCP	man-s2a	5129.9	2086.4	5130.1	2086.5	
RMS	(x, y)	for worst	5%	of	points	in	list:	5.04	2.07	
Residual	Info	for	man-s7a							
Check	GCPs:	17	X RMS	1.49	Y RMS	1.03				
	Points:	0	X RMS		Y RMS					
	Tie Points	11	X RMS	2.59	Y RMS	0.85				

90	1.6	0.68	1.45	GCP	man-s7a	5030.5	3040.5	5031.2	3041.9
307	1.57	-1	-1.21	GCP	man-s4a	3572.2	2736.2	3571.3	2735
124	1.4	0.46	-1.33	GCP	man-s7a	136.5	4839.5	137	4838.2
41	1.39	0.95	-1.01	GCP	man-s7a	3076.5	3682.5	3077.4	3681.5
15	1.15	-0.47	-1.05	GCP	man-s2a	1605.5	3825.5	1605	3824.4
320	1.09	0.82	-0.72	GCP	man-s4a	7114.5	1442.5	7115.3	1441.8
18	1.07	-0.09	1.06	GCP	man-s2a	3841.5	774.5	3841.4	775.6
14	1.04	-0.69	0.78	GCP	man-s2a	1843.5	3613.5	1842.8	3614.3
64	1.03	-0.74	0.72	GCP	man-s7a	4360.5	3914.5	4359.8	3915.2
97	0.99	0.46	-0.87	GCP	man-s7a	5618.5	2624.5	5619	2623.6
133	0.94	-0.61	0.71	GCP	man-s7a	3118.5	5552.5	3117.9	5553.2
33	0.94	-0.81	0.47	GCP	man-s2a	4121.5	4764.5	4120.7	4765
11	0.92	-0.56	0.73	GCP	man-s7a	3640.5	1766.5	3639.9	1767.2
60	0.91	0.8	-0.43	GCP	man-s7a	2906.5	4017.5	2907.3	4017.1
16	0.82	0.19	0.8	GCP	man-s2a	1010.5	4577.5	1010.7	4578.3
74	0.7	-0.45	-0.54	GCP	man-s7a	4638.5	3101.5	4638.1	3101
47	0.69	-0.68	0.14	GCP	man-s7a	1722.5	3562.5	1721.8	3562.6
10	0.66	-0.65	0.08	GCP	man-s2a	3669.5	1060.5	3668.8	1060.6
312	0.59	-0.27	-0.52	GCP	man-s4a	2647.5	2080.5	2647.2	2080
71	0.5	-0.4	0.3	GCP	man-s7a	4961.5	3221.5	4961.1	3221.8
52	0.23	-0.23	0.06	GCP	man-s7a	1427.5	4449.5	1427.3	4449.6
24	0.12	0.09	-0.07	GCP	man-s2a	2612.5	2561.5	2612.6	2561.4
RMS	(x, y)	for worst	5%	of	points	in	list:	5.21	8.85

Residual	Info	for	man-s7a						
	GCPs:	19	X RMS	1.14	Y RMS	1.14			
Check	Points:	0	X RMS		Y RMS				
	Tie Points	10	X RMS	5.83	Y RMS	1.17			

ddems7s4

Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	100165	344425	622108	1108436	1244659	1381794	5932500	24009858
Backgroun	28	107	871	4814	6771	12419	53830	300162
Overlap	100137	344318	621237	1103622	1237888	1369375	5878670	23709696
Raw Match	94479	304872	543881	950615	1028635	1092430	4575195	18810543
Accepted	100103	343031	619441	1100567	1233365	1362208	5845636	23218507

=====
 GCP - DEM elevation differences
 =====

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference
1	1454	2009	1893	2088	-195
4	2177	1166	2580.4	2487	93.4
5	2181	1958	3198	3190	8
6	2810	1313	2694.5	2454	240.5
7	2320	1551	2975.8	2827	148.8
8	2516	1521	2579.3	2462	117.3
10	1560	2777	2292.1	2667	-374.9
11	1821	884	1497.8	1561	-63.2
13	1539	1842	1500	1622	-122
14	1764	436	898	974	-75.9
15	2481	1611	2858.5	2761	97.5
16	1586	3049	3498.7	3845	-346.3
17	1772	1912	1995.3	2130	-134.7
18	1542	2912	2944.7	3316	-371.3
19	2028	3013	5300	5222	78

Number of GCPs:
 Total: 19 In DEM: 15
 Elevation error:
 Mean: -60.0m RMS: 190.3m Min: -374.9m Max: 240.5m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference
-------------	-----------	--------------	--------------------	-------	----------------------

Differencesnot available no Check Points in DEM area.

GCP para el proyecto f5a-f2a (demf5f2)

Residual	Error	Report								
Residual	Units:	Image	Pixels							
Residual	Info	for	2	Images						
Check	GCPs:	36	X RMS	1.52	Y RMS	1.98				
	Points:	0	X RMS		Y RMS					
	Tie Points	4	X RMS	0.48	Y RMS	1.2				
Listing:	GCPs	only	All	Images						
Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y	
23	5.17	-0.04	5.17	GCP	man-f2a	3280.5	2676.5	3280.5	2681.7	
41	4.02	1.61	3.68	GCP	man-f2a	5730.5	1391.5	5732.1	1395.2	
2	3.72	-0.14	-3.72	GCP	man-f2a	3653.5	2029.5	3653.4	2025.8	
31	3.62	-1.78	3.16	GCP	man-f2a	1984.5	890.5	1982.7	893.7	
5	3.45	3.03	-1.65	GCP	man-f2a	2090.5	1091.5	2093.5	1089.9	
10	3.45	-1.56	3.08	GCP	man-f2a	5529.5	2712.5	5527.9	2715.6	
1	3.38	2.81	-1.87	GCP	man-f2a	5028.5	2831.5	5031.3	2829.6	
40	3.24	1.98	-2.57	GCP	man-f2a	5471.5	1097.5	5473.5	1094.9	
20	3.2	2.49	-2.01	GCP	man-f5a	2461.5	3039.5	2464	3037.5	
5	2.93	2.48	1.56	GCP	man-f5a	1044.5	1003.5	1047	1005.1	
41	2.77	1.11	2.54	GCP	man-f5a	4729.5	1305.5	4730.6	1308	
1	2.74	2.4	1.32	GCP	man-f5a	4023.5	2741.5	4025.9	2742.8	
21	2.57	0.14	2.56	GCP	man-f5a	2427.5	2999.5	2427.6	3002.1	
23	2.33	-2.08	1.06	GCP	man-f5a	2254.5	2595.5	2252.4	2596.6	
15	2.31	2.24	-0.58	GCP	man-f2a	3929.5	3534.5	3931.7	3533.9	
2	2.23	-0.18	-2.22	GCP	man-f5a	2631.5	1942.5	2631.3	1940.3	
11	2.2	1.7	-1.39	GCP	man-f2a	4969.5	3189.5	4971.2	3188.1	
10	1.97	-1.82	0.76	GCP	man-f5a	4525.5	2627.5	4523.7	2628.3	
17	1.87	-1.81	-0.47	GCP	man-f5a	2483.5	3304.5	2481.7	3304	
21	1.84	-0.25	1.82	GCP	man-f2a	3453.5	3085.5	3453.3	3087.3	
20	1.82	-0.61	-1.72	GCP	man-f2a	3489.5	3124.5	3488.9	3122.8	
40	1.74	-0.16	-1.73	GCP	man-f5a	4459.5	1009.5	4459.3	1007.8	
39	1.71	-1.68	-0.34	GCP	man-f2a	5171.5	790.5	5169.8	790.2	
17	1.67	-1.17	-1.19	GCP	man-f2a	3504.5	3390.5	3503.3	3389.3	
6	1.66	-1.05	-1.28	GCP	man-f2a	3604.5	2297.5	3603.4	2296.2	
31	1.59	-1.55	0.34	GCP	man-f5a	937.5	808.5	935.9	808.8	
30	1.32	0.83	-1.03	GCP	man-f5a	1346.5	1103.5	1347.3	1102.5	
15	1.3	1.24	-0.4	GCP	man-f5a	2911.5	3448.5	2912.7	3448.1	
8	1.25	-0.94	-0.81	GCP	man-f5a	5098.5	3196.5	5097.6	3195.7	
11	1.22	-0.29	-1.19	GCP	man-f5a	3969.5	3102.5	3969.2	3101.3	
39	1.21	-1.15	-0.38	GCP	man-f5a	4151.5	703.5	4150.4	703.1	
30	1.18	-0.46	-1.09	GCP	man-f2a	2390.5	1188.5	2390	1187.4	
8	0.94	-0.1	-0.93	GCP	man-f2a	6078.5	3284.5	6078.4	3283.6	
13	0.91	0.19	0.89	GCP	man-f2a	4082.5	3857.5	4082.7	3858.4	
13	0.89	0.26	0.85	GCP	man-f5a	3067.5	3771.5	3067.8	3772.4	
6	0.86	-0.4	-0.76	GCP	man-f5a	2578.5	2211.5	2578.1	2210.7	
RMS	(x, y)	for worst	5%	of	points	in	list:	0.04	5.17	
Residual	Info	for	man-f5a							
Check	GCPs:	18	X RMS	1.48	Y RMS	1.45				
	Points:	0	X RMS		Y RMS					
	Tie Points	4	X RMS	0.37	Y RMS	1.35				

demf2f5

+++	Summary pixel	counts	for	all	strips:			
Level:	1	2	3	4	5	6	7	8
Total #Pix	90090	284350	498960	863656	948090	1032484	4372791	17667268
Background	0	0	567	2848	4290	5751	27648	116570
Overlap	90090	284350	498393	860808	943800	1026733	4345143	17550698
Raw Match	89985	277563	487290	837554	897001	953280	3894132	16371778
Accepted	90090	282788	495855	855990	937966	1019810	4317327	17439316

GCP - DEM elevation differences

GCP Id	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations GCP	(m) Input	Generated	Difference
1	2012	1371	2301	2286	15	
2	1316	972	1698	1665	33	
3	1778	1173	2060	2013	47	
4	968	1524	1793	1663	130	
5	1290	1106	1597	1598	-1	
6	523	502	992	1052	-60	
7	1732	1457	2195	2233	-38	
8	2550	1599	3188	3198	-10	
9	2485	1559	2992	3053	-61	
10	2263	1314	2400	2437	-37	
11	1985	1552	2397	2431	-34	
12	1762	2061	2288	2390	-102	
13	1534	1886	1930	1999	-69	
14	1573	1803	1992	2001	-9	
15	1456	1725	1798	1858	-60	
16	1469	1661	1986	2010	-24	
17	1242	1653	1694	1715	-21	
18	1225	1621	1687	1692	-5	
19	1199	1582	1592	1652	-60	
20	1231	1520	1599	1618	-19	
21	1214	1500	1577	1593	-16	
22	1180	1362	1500	1506	-6	
23	1128	1298	1502	1468	34	
24	1053	1268	1376	1439	-63	
25	791	1282	1402	1352	50	
26	734	1013	1286	1250	36	
27	711	966	1267	1215	52	
28	793	748	1201	1148	53	
29	782	617	1100	1099	1	
30	674	552	1093	1089	4	
31	469	405	995	1042	-47	
32	567	1109	1386	1337	49	
33	1684	2504	3272	3242	30	
34	1906	2509	3200	3239	-39	
35	1773	2698	3599	3585	14	
36	1776	1061	2000	1946	54	

37	1643	283	1400	1462	-82
38	2076	352	1900	1917	-17
39	2230	505	2092	2095	-3
40	2365	653	2499	2486	13
41	2564	718	2882	2879	3
42	1617	686	1999	1946	53
43	2691	2571	5300	5018	282
44	1514	156	1302	1255	47

Number of GCPs:
 Total: 44 In DEM: 44
 Elevation error:
 Mean: 2.7m RMS: 62.5m Min: -102.0m Max: 282.0m

=====
 Check Point - DEM elevation differences
 =====

Check Point	DEM Pixel	Coords. Line	Elevations (m) GCP	Input	Generated Difference
-------------	-----------	--------------	--------------------	-------	----------------------

Differences not available no Check Points in DEM area.

ANÁLISIS DEL ERROR

La calidad de un MDE depende del tipo y magnitud de los errores implicados. Conviene no perder de vista que los errores son inevitables debido a que los modelos son visiones simplificadas de la realidad sometidos a un proceso de generalización. Además también depende del patrón de comparación con el cual se estime el error. Los parámetros modelizados son, por tanto, inherentemente imprecisos, aunque su representación puede realizarse con más o menos exactitud dentro de rangos dependientes del método de captación utilizado (en este caso, percepción remota).

Los errores en los MDE pueden ser separados en dos categorías: los *errores posicionales* implican una deficiente localización geográfica de la cota y afectan, por tanto a la situación en el plano XY; los *errores atributivos* suponen una asignación imprecisa de la altitud asociada a la cota e implican a las coordenadas en el eje Z. (Felicísimo, 1994)³. Estos dos errores han sido denominados, de forma más genérica, cartográficos (error en la localización de elementos) y temáticos (error en el atributo cartografiado).

Ambos tipos de errores de los aparecen en el proceso de creación de los MDE tanto si se hace de forma automática como manual. Por este motivo es necesario adoptar criterios para su detección y medida, así como valorar la influencia de los mismos en los modelos derivados (propagación del error). Los errores atributivos presentan una problemática más compleja en los modelos matriciales, ya que la altitud se asigna habitualmente mediante operaciones de interpolación o ajuste, cuyo error es dependiente de múltiples factores.

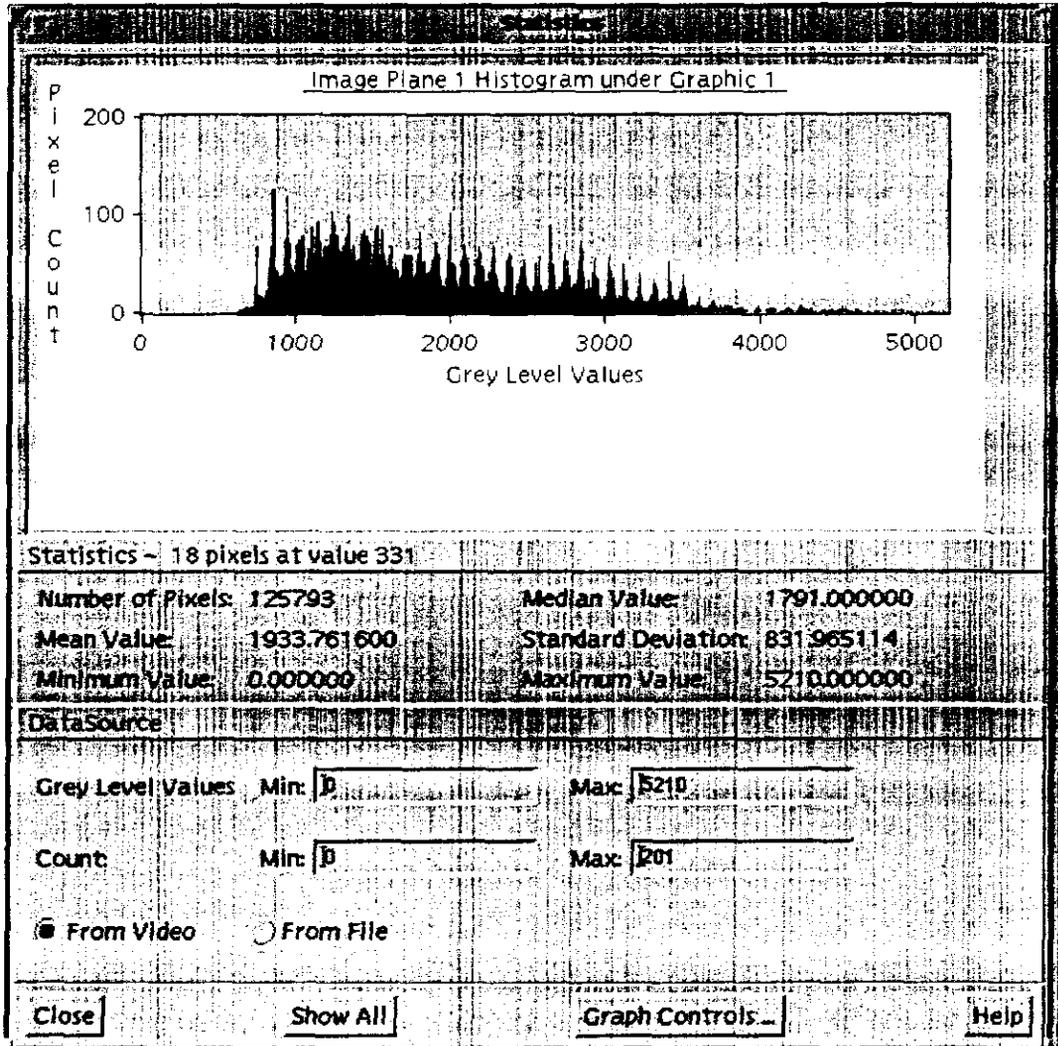
La cuantificación del error sobre un MDE matricial puede realizarse por comparación de un conjunto de valores conocidos de altitudes con los correspondientes puntos homólogos del modelo (RMS), usando pruebas estadísticas convencionales. En este sentido, el error de altitud en un punto se define como la diferencia entre ambos datos, donde el primer dato es la altitud del punto i en el modelo, y el segundo la altitud real o de referencia, extraída de una fuente de datos precisa (en nuestro caso, del modelo generado a partir de curvas de nivel).

Los estadísticos del error deben calcularse con un número suficiente de puntos homólogos convenientemente distribuidos sobre el mapa (en nuestro caso, el software toma todos los puntos de elevación, es decir cada uno de los pixels de la imagen). El error medio para este conjunto de datos se define como:

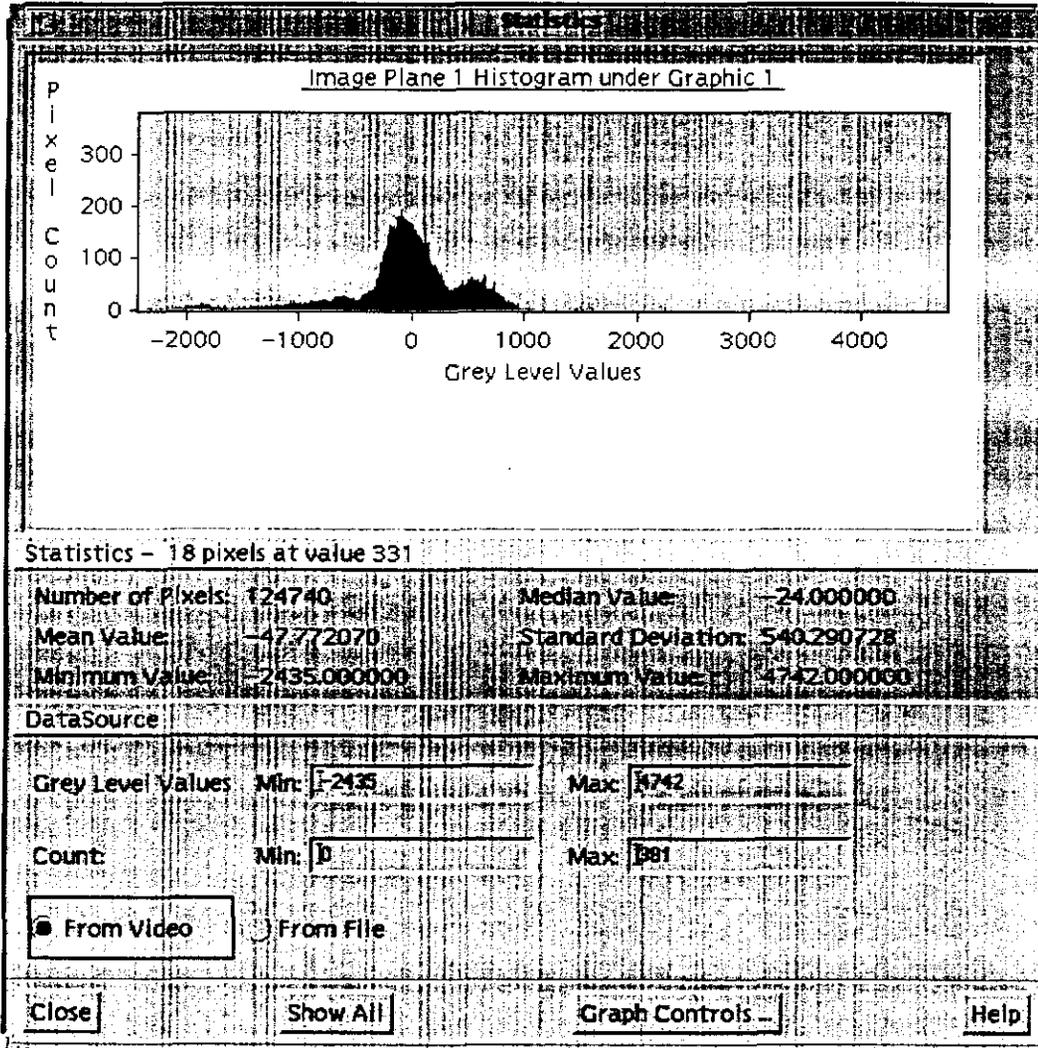
³ En este caso, la altitud se trata como una propiedad del terreno, independientemente de su valor como tercera coordenada espacial. De esta forma su tratamiento se realiza como con otras propiedades -pendiente, rugosidad, etc. que no tienen un valor intrínseco como referente espacial.

Error en Altitud

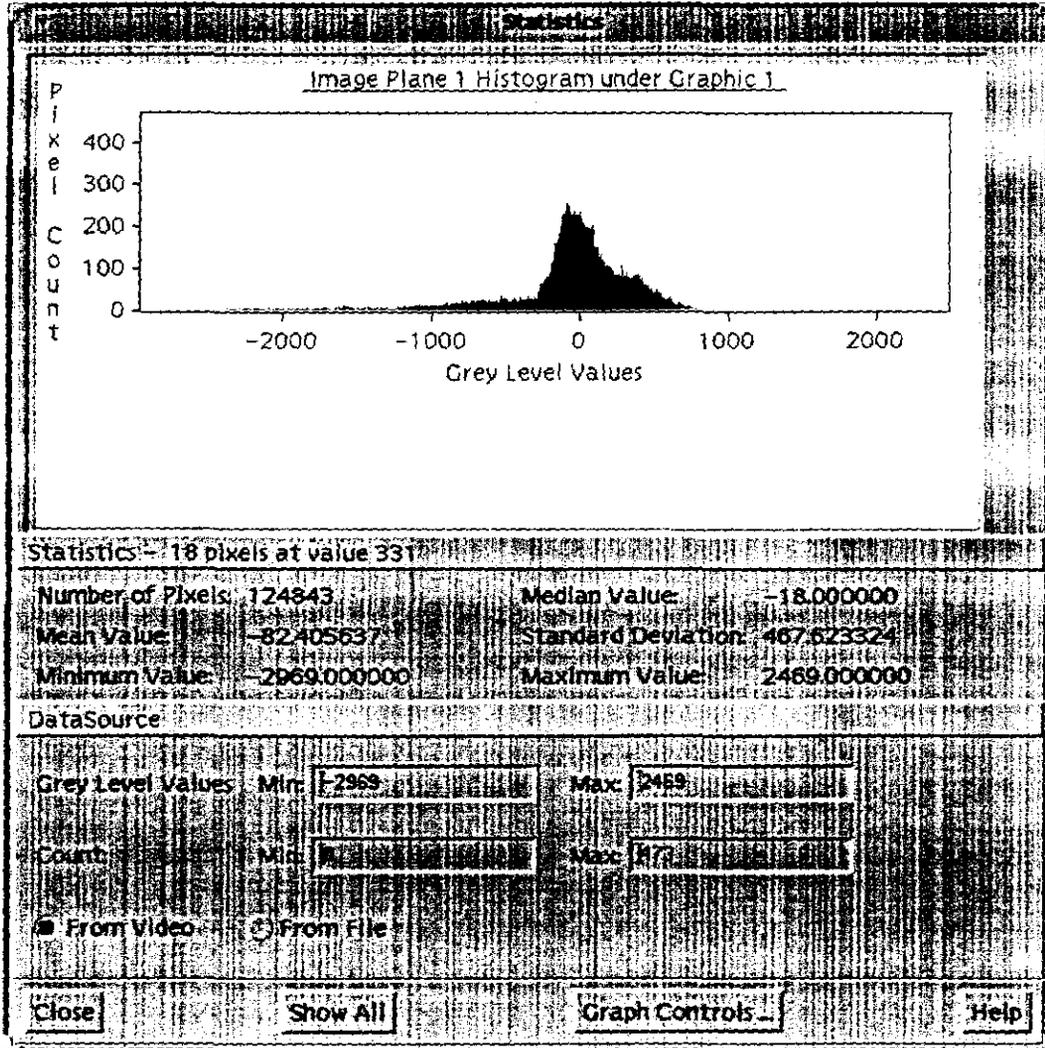
ddem12GCP



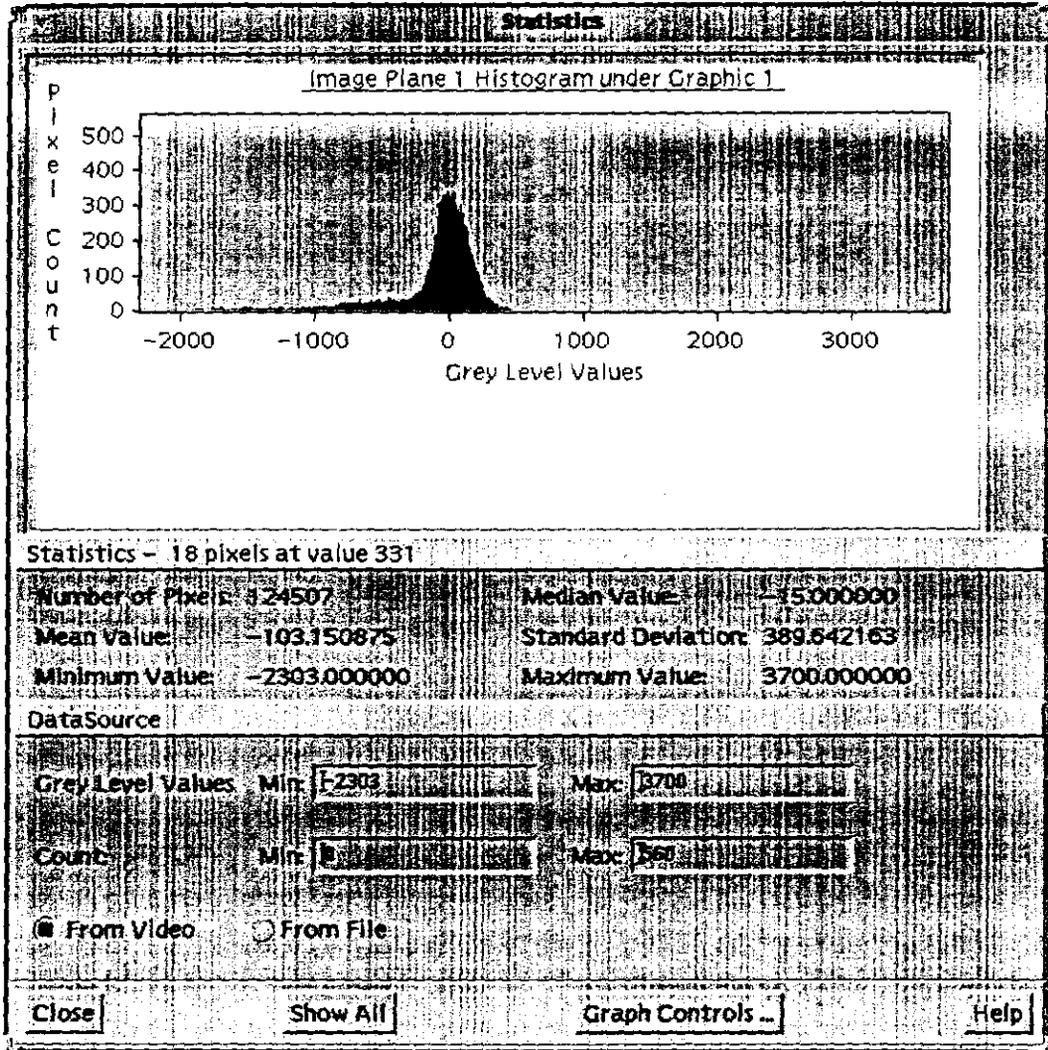
ddem12GCPerr



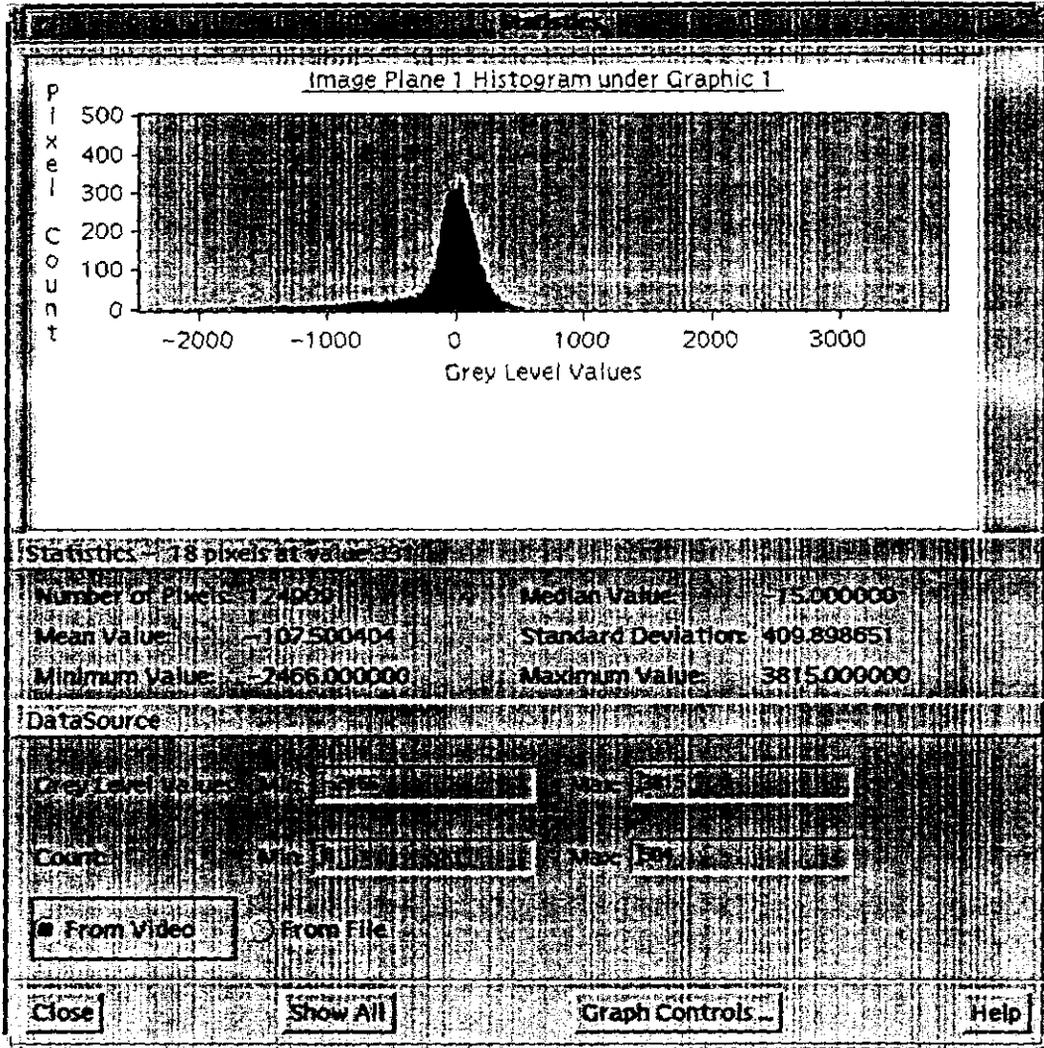
ddem176Cperr



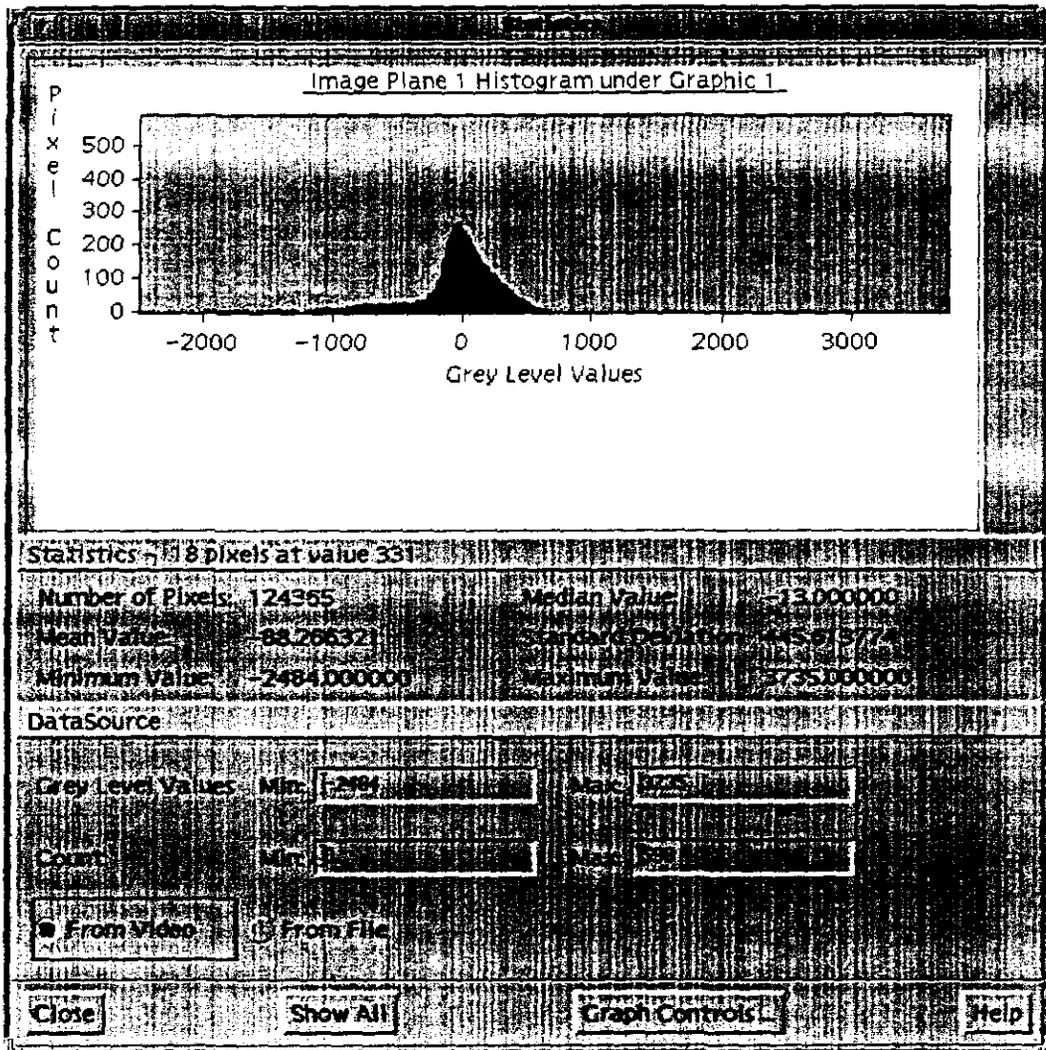
ddem186CPerr



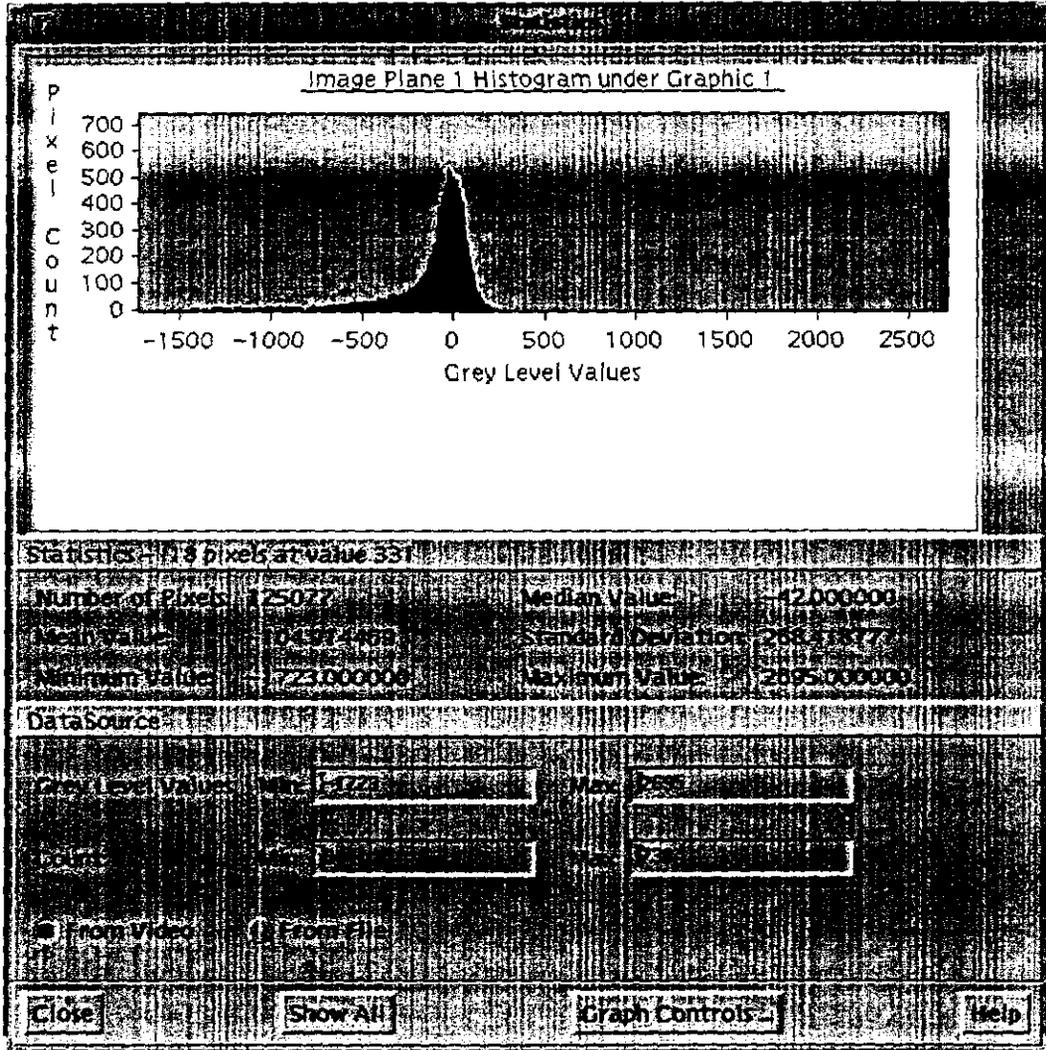
ddem226CPerr



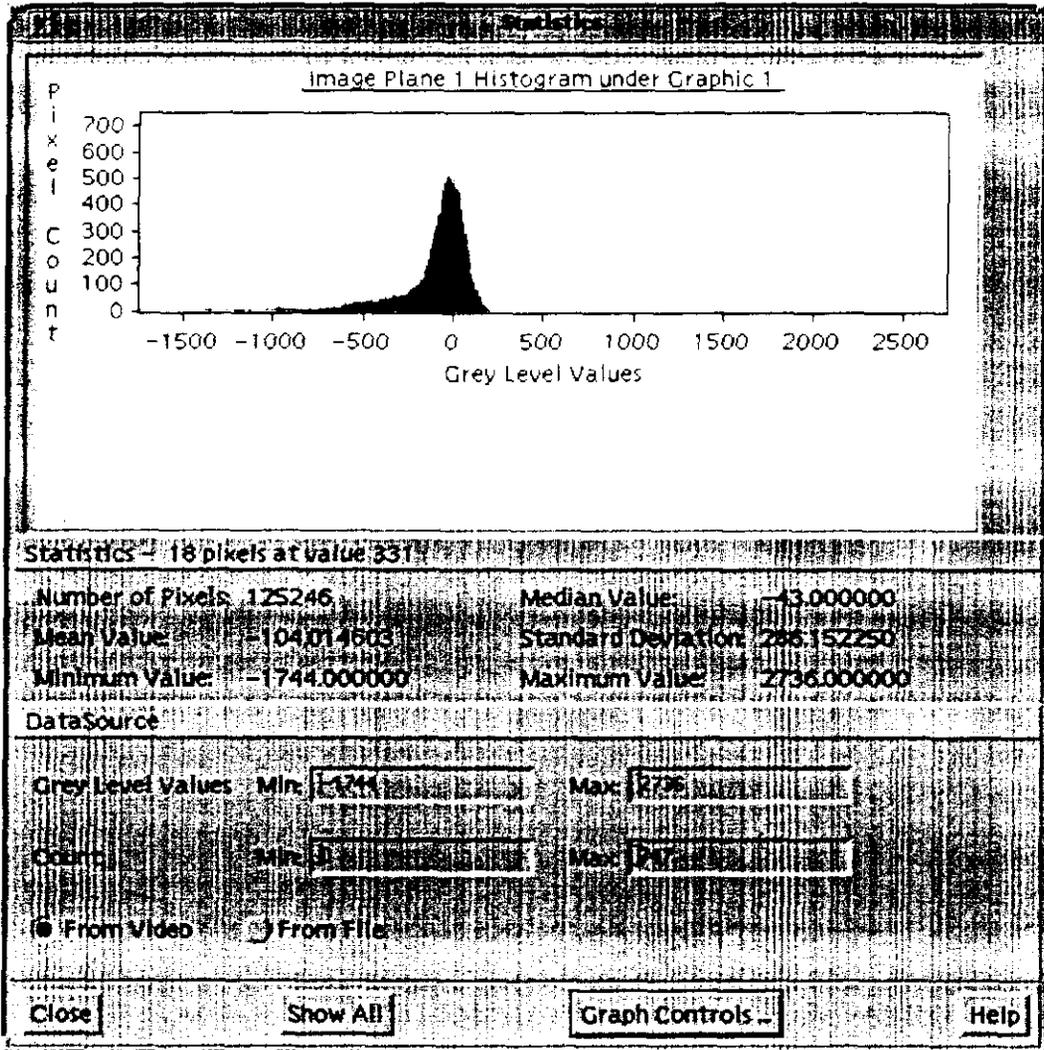
ddem30GCPerr



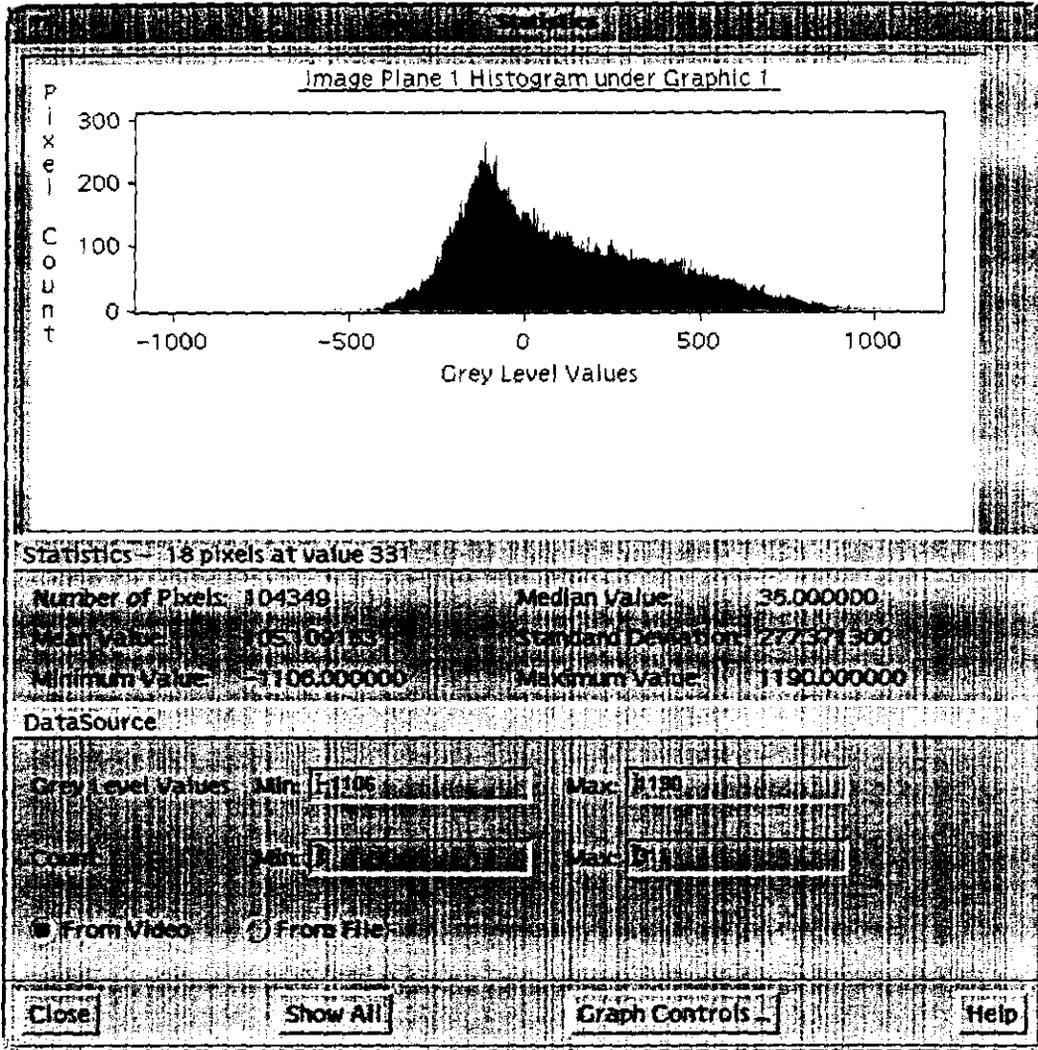
ddemnew



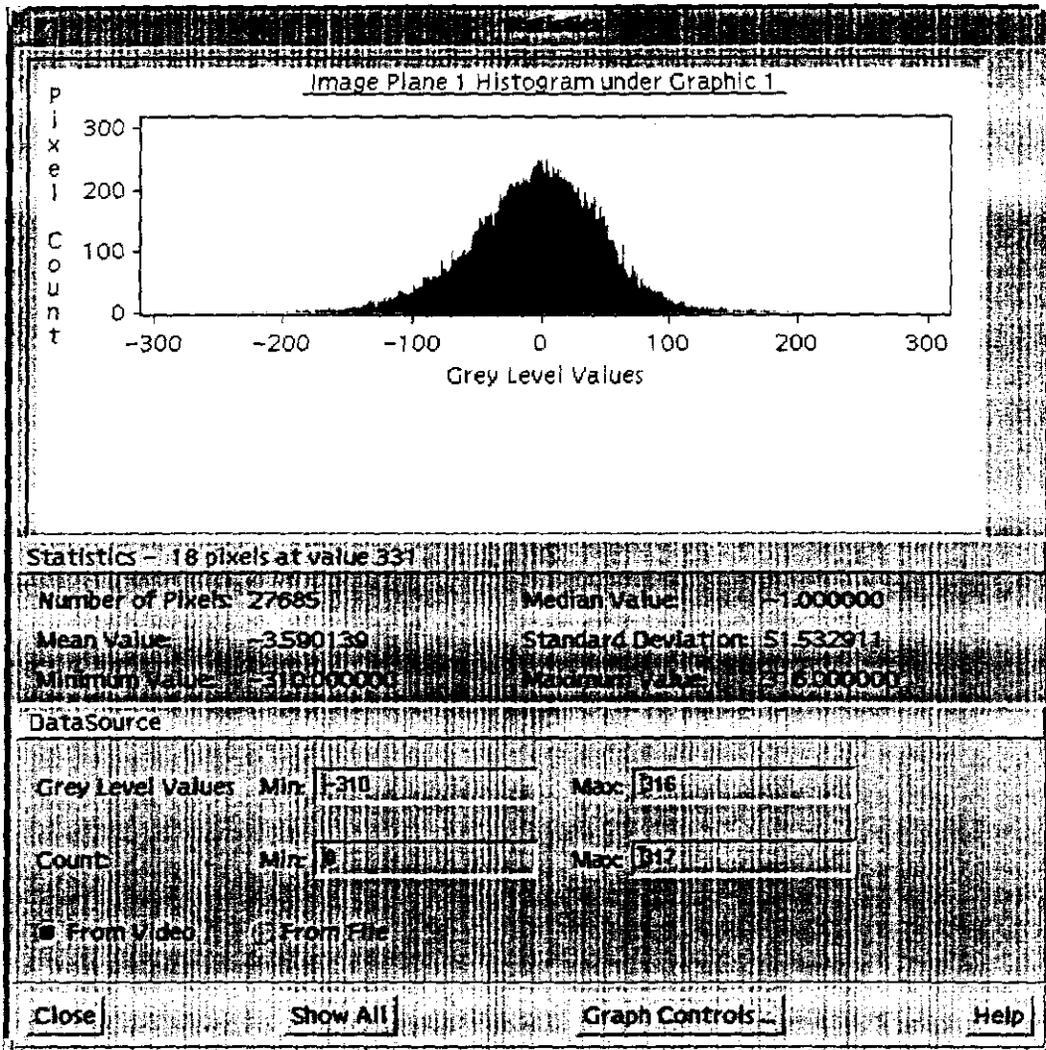
ddemnew2TP



ddems7s4

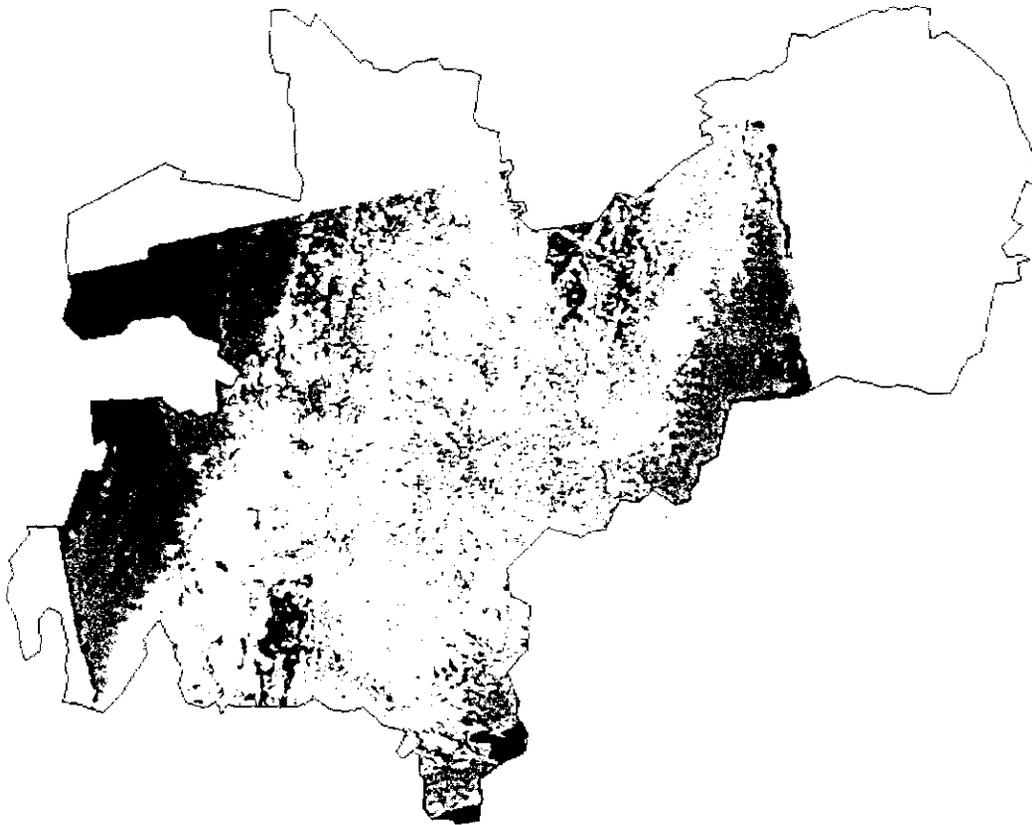


demf5f2



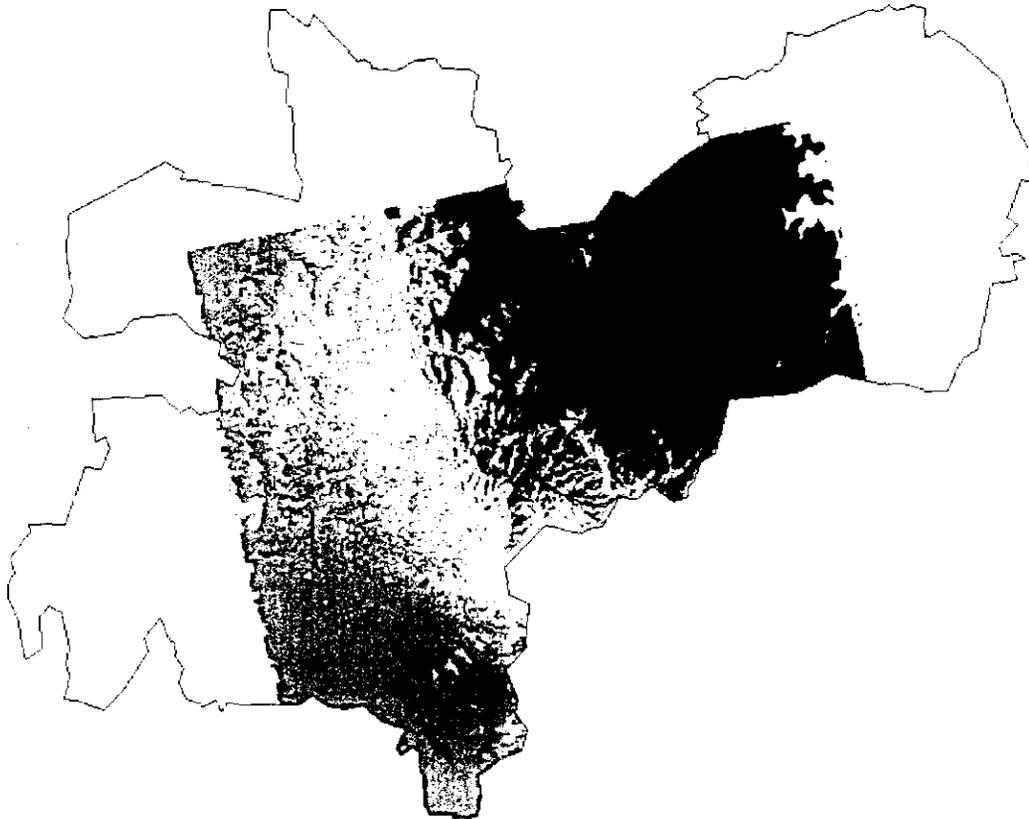
Máscara de error aplicando MODEL recurso: /flora/manizales/sandra/DEMerror.mod

ddemnew



- Diferencias menores de -2000m
- Diferencias entre -2000m y -500
- Diferencias entre -500 y -100m
- Diferencias entre -100m y 100m (rango tolerables)
- Diferencias entre 100m y 500m
- Diferencias entre 500m y 2000m
- Diferencias mayores de 2000m

ddems7s4



- Diferencias menores de -2000m
- Diferencias entre -2000m y -500
- Diferencias entre -500 y -100m
- Diferencias entre -100m y 100m (rango tolerables)
- Diferencias entre 100m y 500m
- Diferencias entre 500m y 2000m
- Diferencias mayores de 2000m

Análisis de la Pendiente:

A partir de los MDE es posible construir un conjunto de modelos digitales que representan variables derivadas directamente de la topografía, sin intervención de datos auxiliares o información externa.

De las principales variables implicadas en estas aplicaciones la de uso más general es probablemente *la pendiente*, le siguen la orientación, la curvatura y rugosidad (*variabilidad de la superficie*).

En un MDE digital de elevaciones, la altitud en el entorno inmediato de un punto puede describirse de forma aproximada mediante un plano de ajuste:

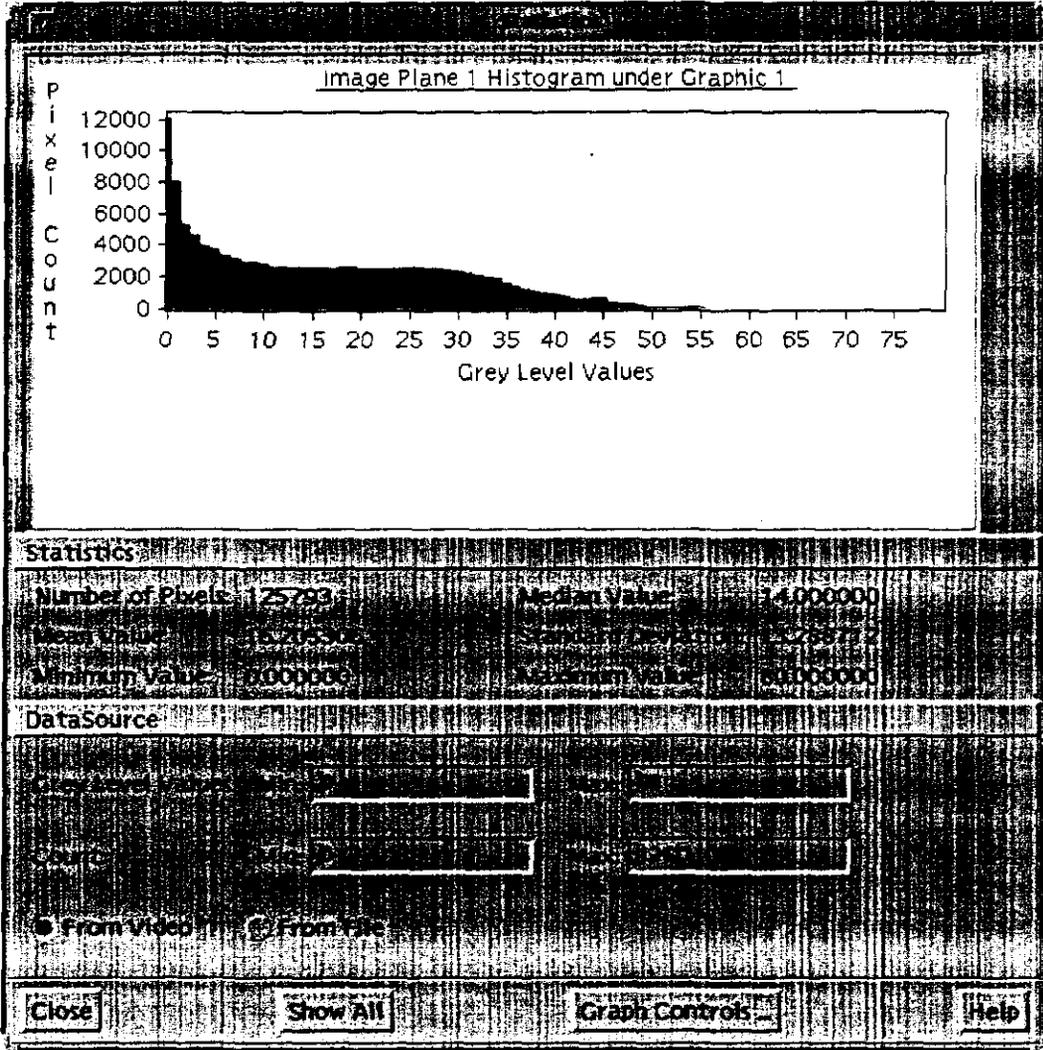
$$Z = a_{00} + a_{10} X + a_{01} Y$$

Se deduce que los coeficientes representan las derivadas primeras de la altitud con respecto a los ejes X e Y. Los coeficientes mencionados pueden representarse mediante vectores definidos por los valores de las componentes para el eje X, eje Y y eje Z. Dado que el producto vectorial de dos vectores tiene como resultado otro vector perpendicular a ambos, el producto nos define un vector perpendicular a ambos y por tanto, a la superficie topográfica a la cual se ajusta. Ese vector perpendicular gradiente de z en el punto x, y. El uso de los valores del gradiente se va a mostrar especialmente útil en el cálculo de los modelos derivados. En las aplicaciones sobre los MDE matriciales, las estimaciones de los coeficientes del gradiente se realizan mediante operadores que se aplican sobre un entorno definido del punto problema (habitualmente, los 8 vecinos más próximos, los bordes del modelo necesitan tratamientos especiales).

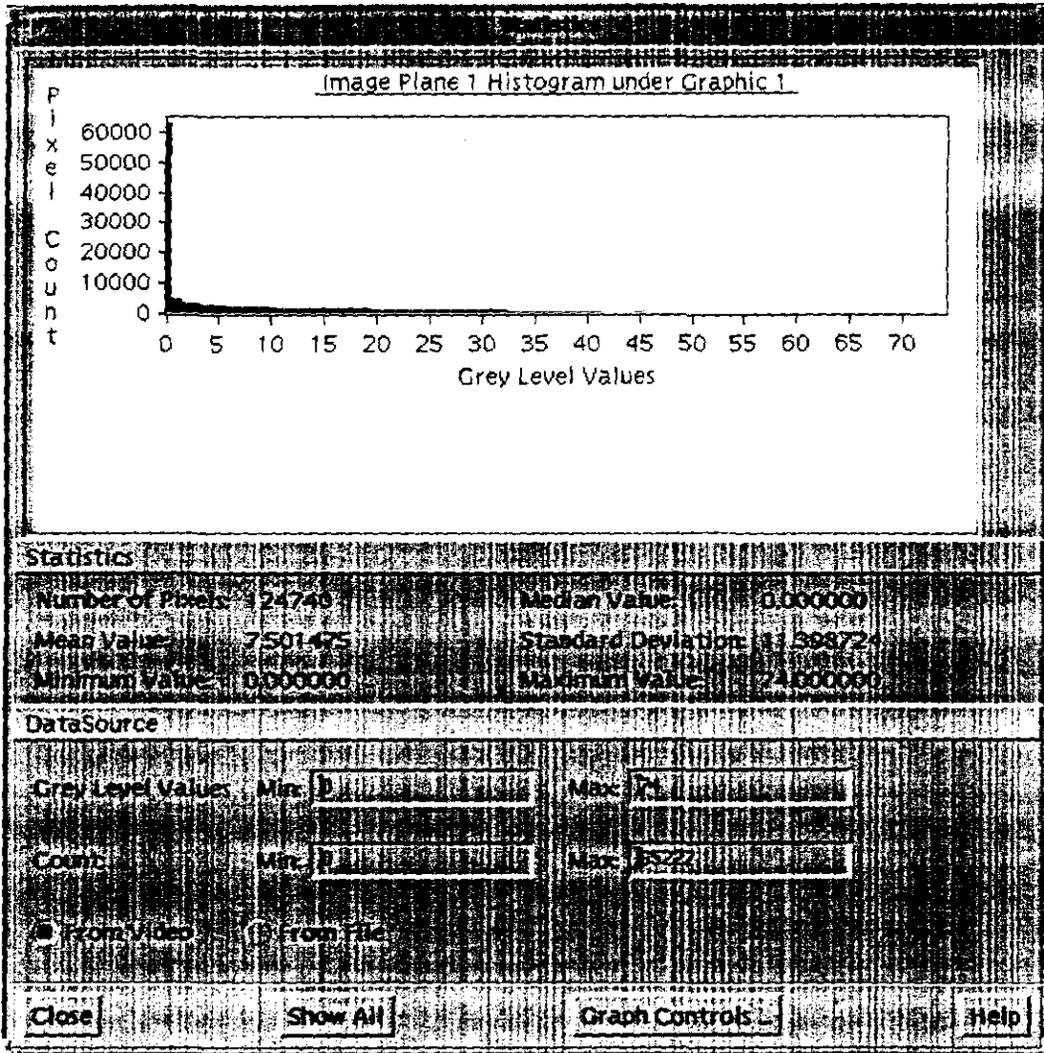
La pendiente en un punto es el ángulo existente entre el vector gradiente en ese punto, y el eje z (vertical). El valor de la pendiente se expresa entonces en radianes, de aquí que se trate de una variable real; debe transformarse a números enteros para permitir el almacenamiento en los valores de la matriz, de forma similar a un MDE, por lo que se transforma a grados sexagesimales. La codificación en tonos de gris, se establece de modo que las zonas horizontales se presentan en negro y los taludes de pendiente más fuerte en blanco.

Se muestra la distribución de frecuencias, dado su interés como elemento descriptivo del relieve.

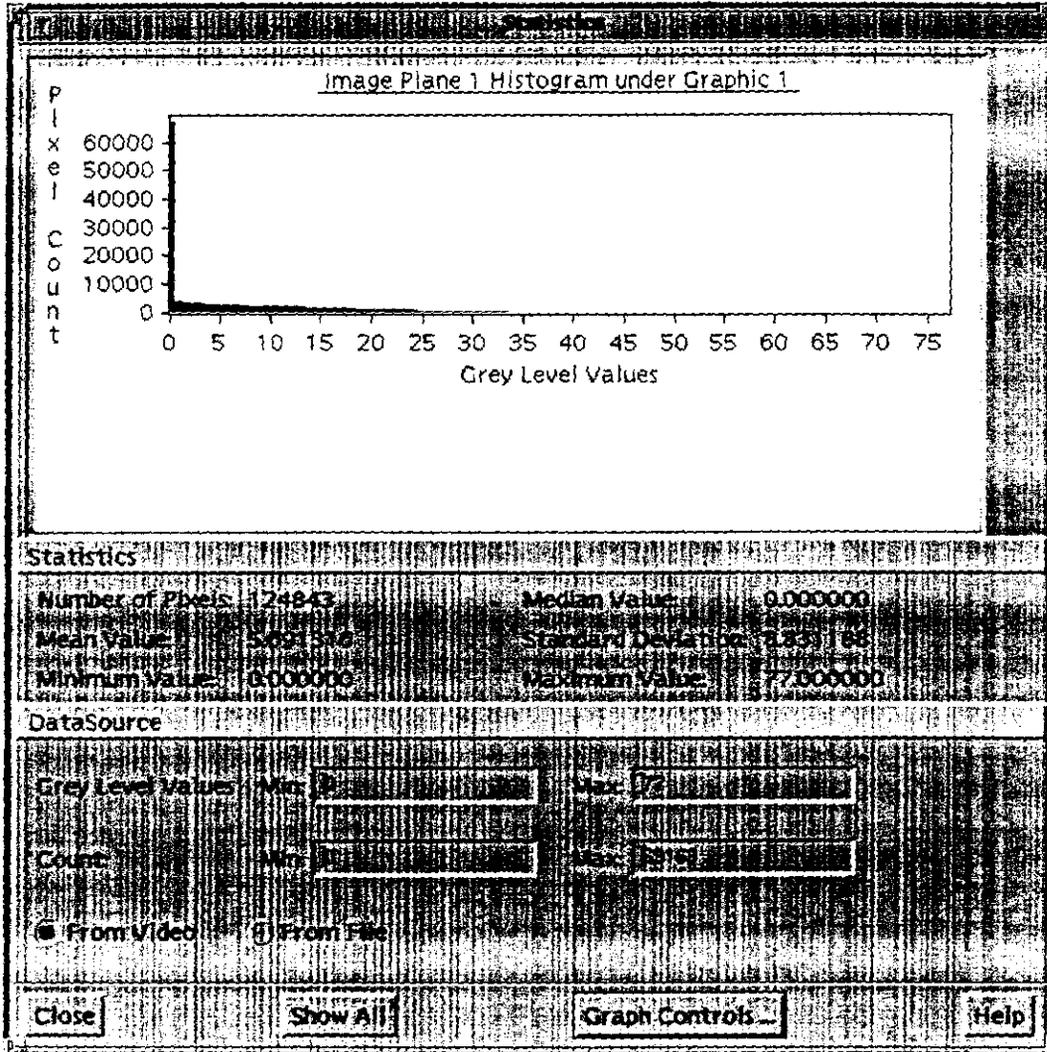
ddem126CP



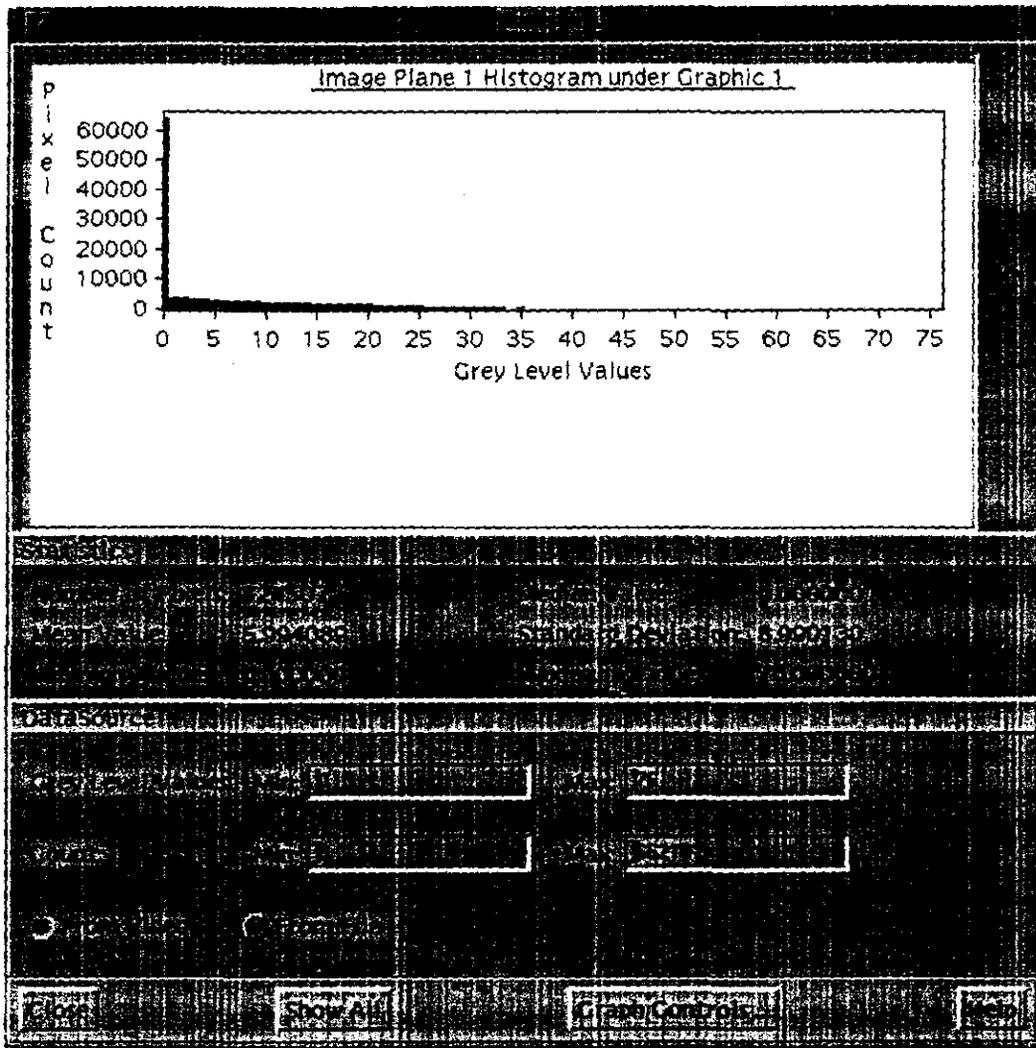
ddem12GCPerr



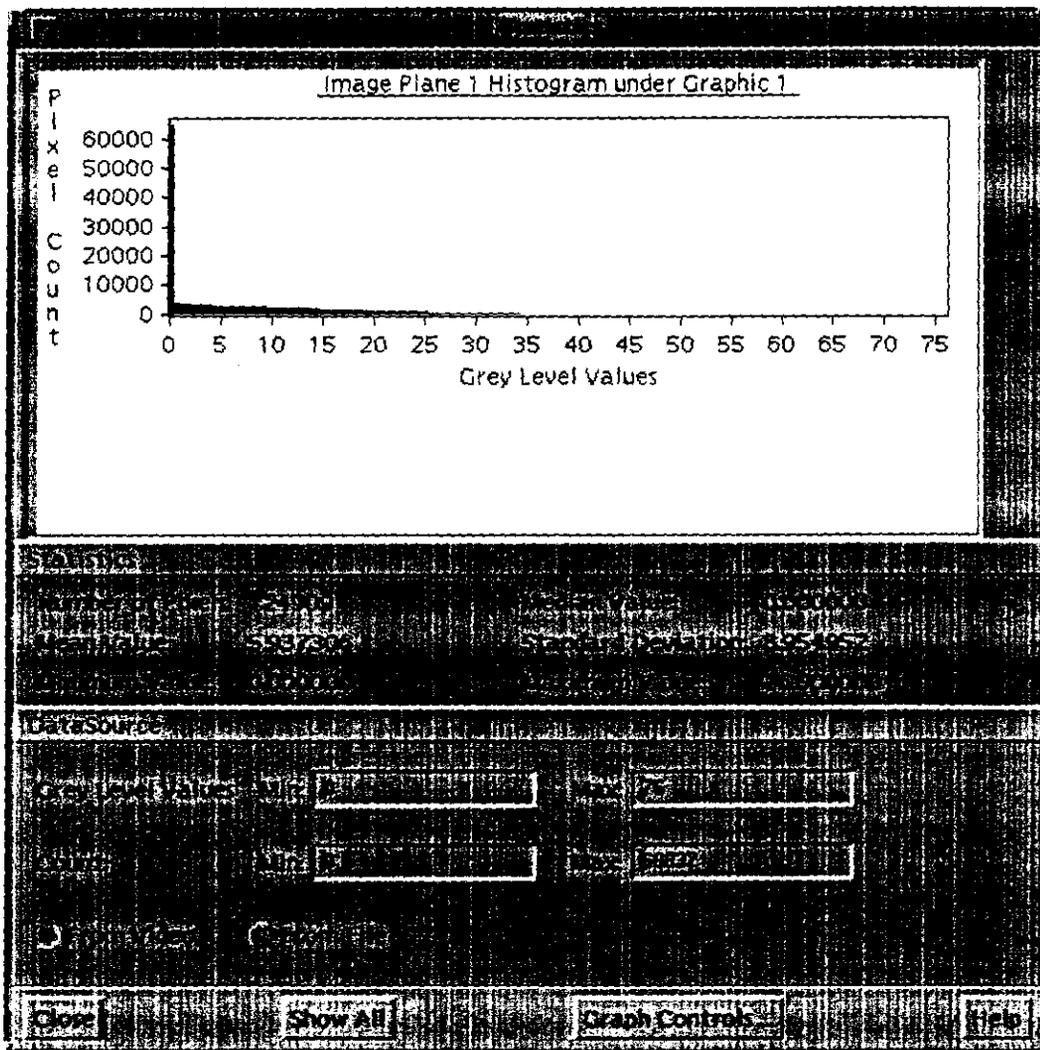
ddem176Perr



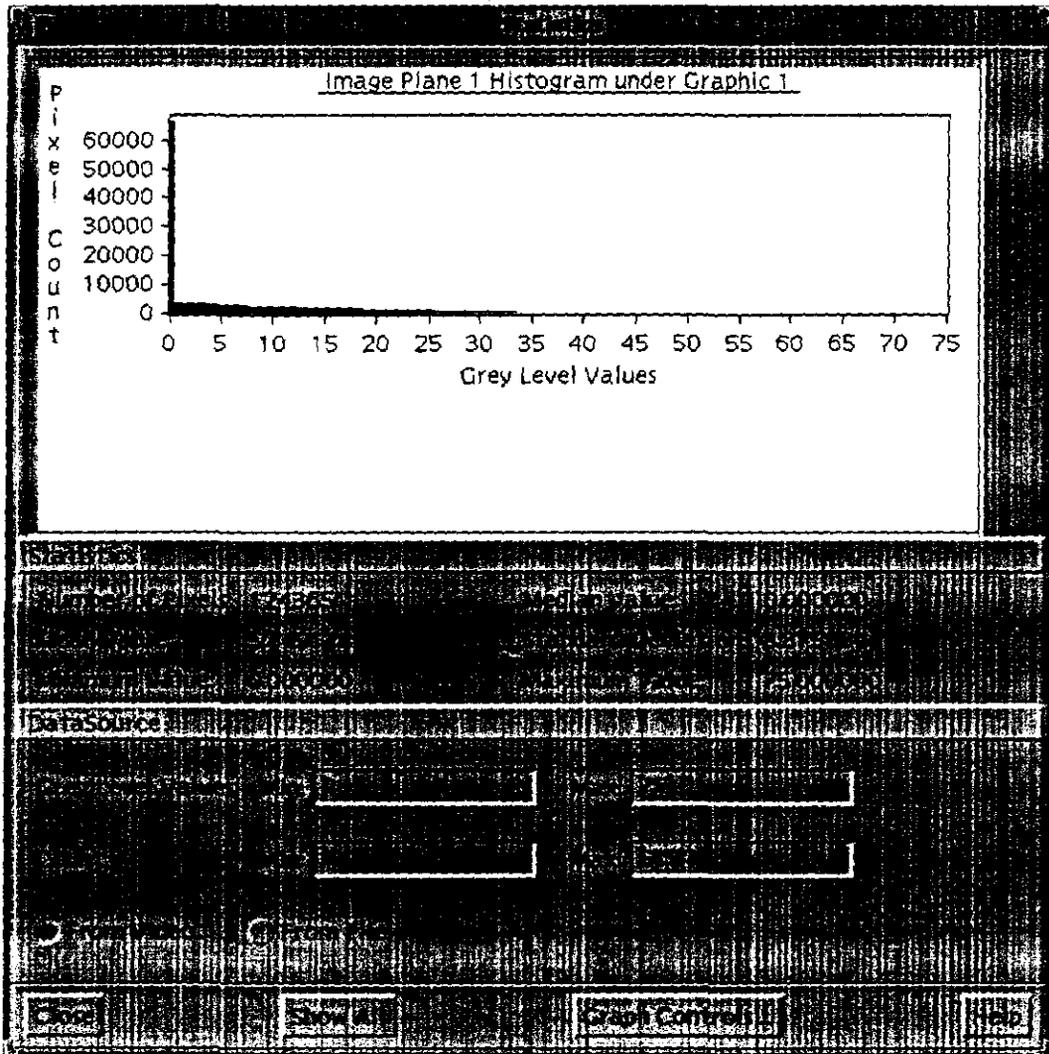
ddem186CPerr



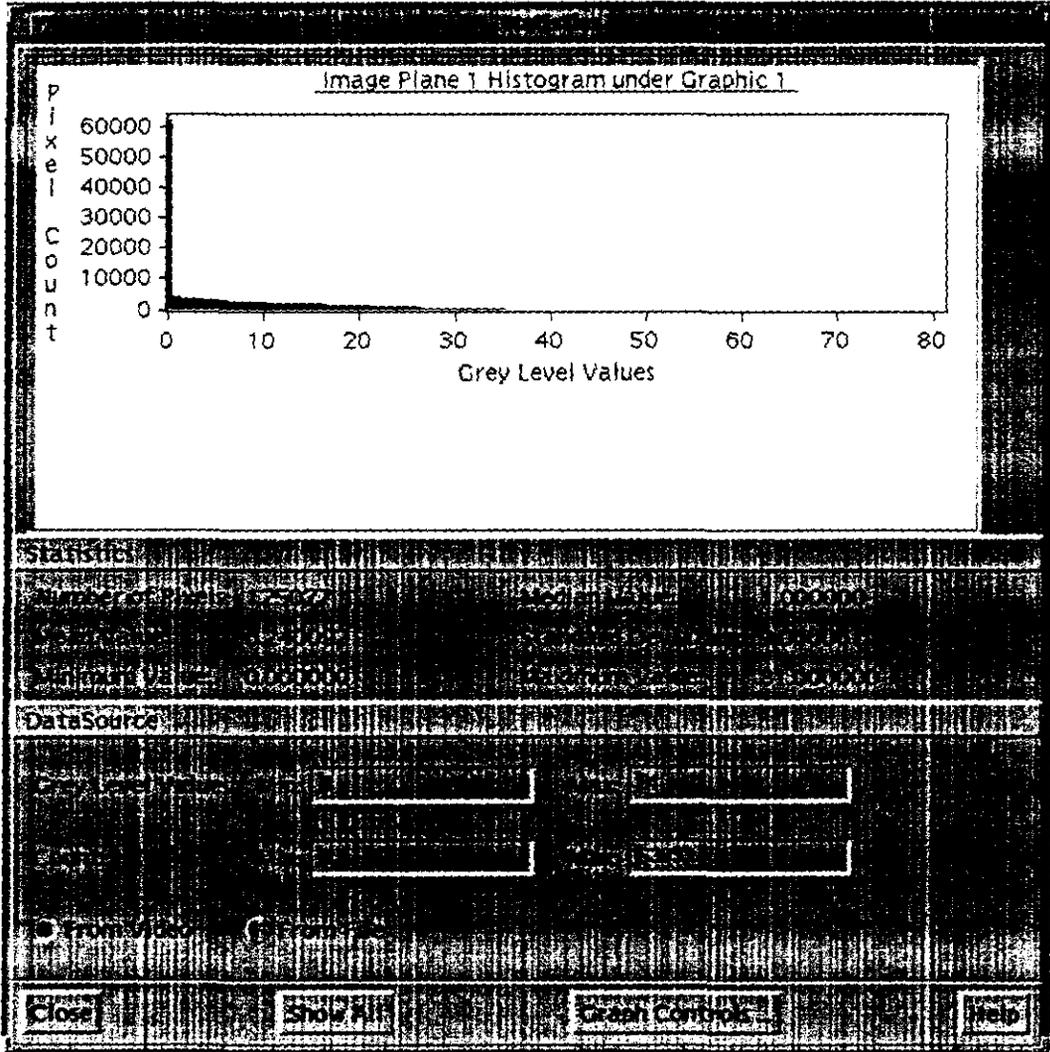
ddem22GCPerr



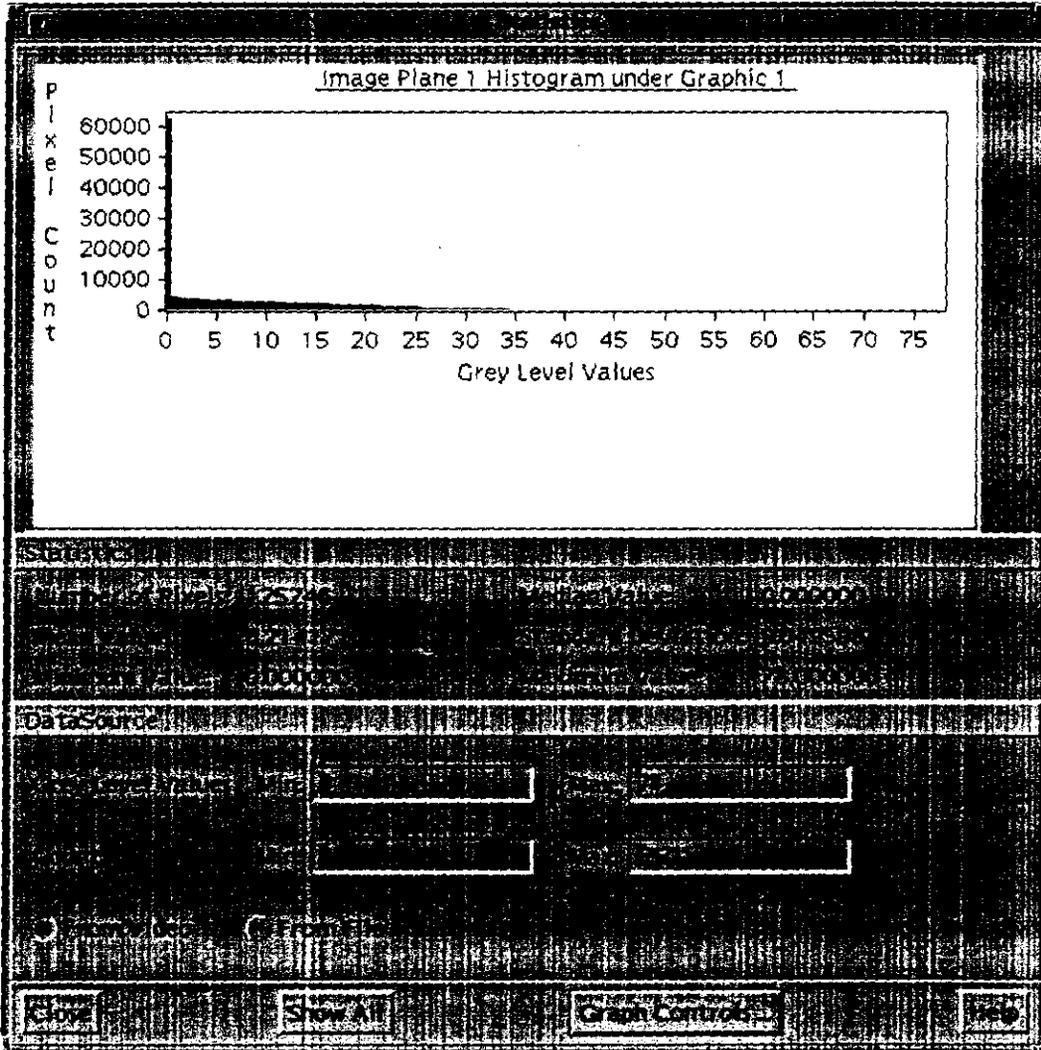
ddem306CPerr



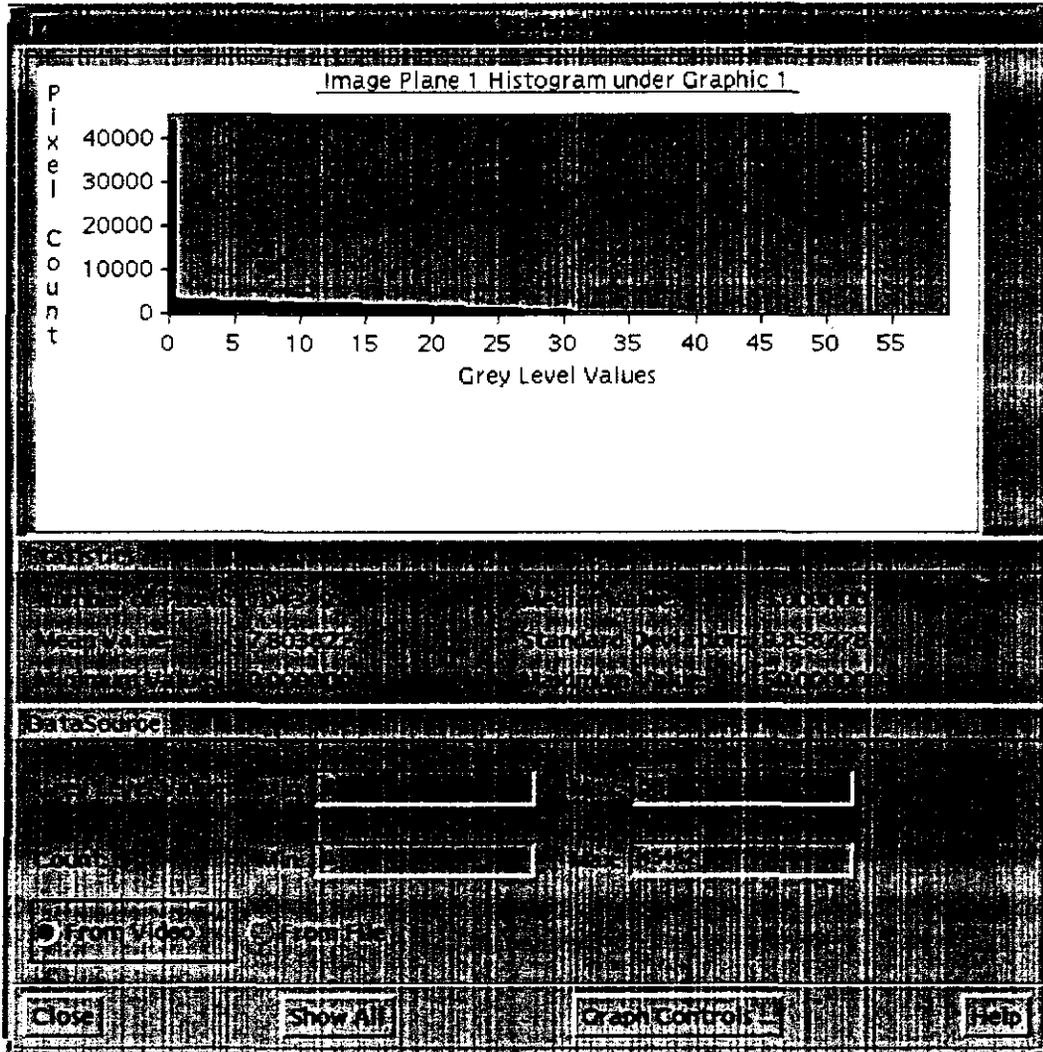
ddemnew



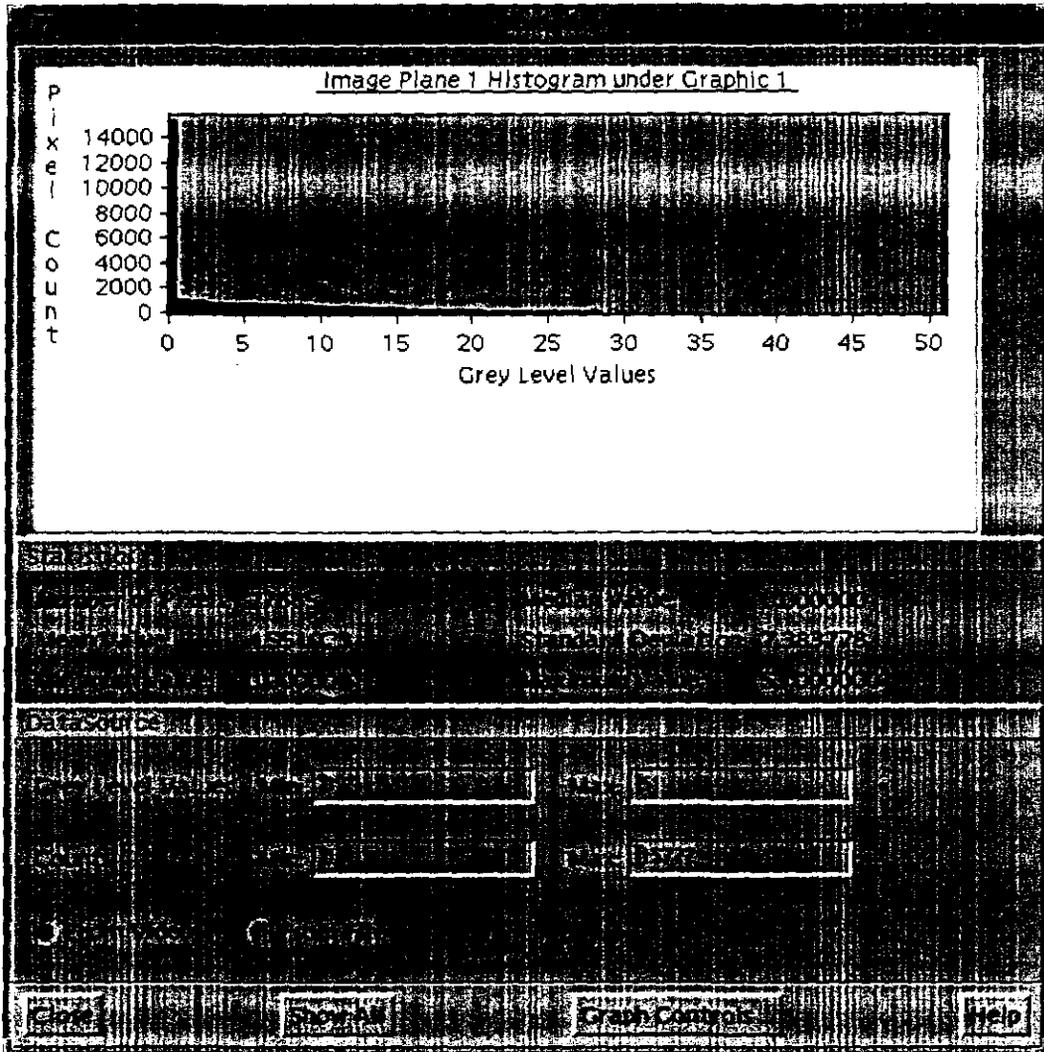
ddemnew2TP



ddems7s4



demf5f2



Análisis de la Orientación de la pendiente:

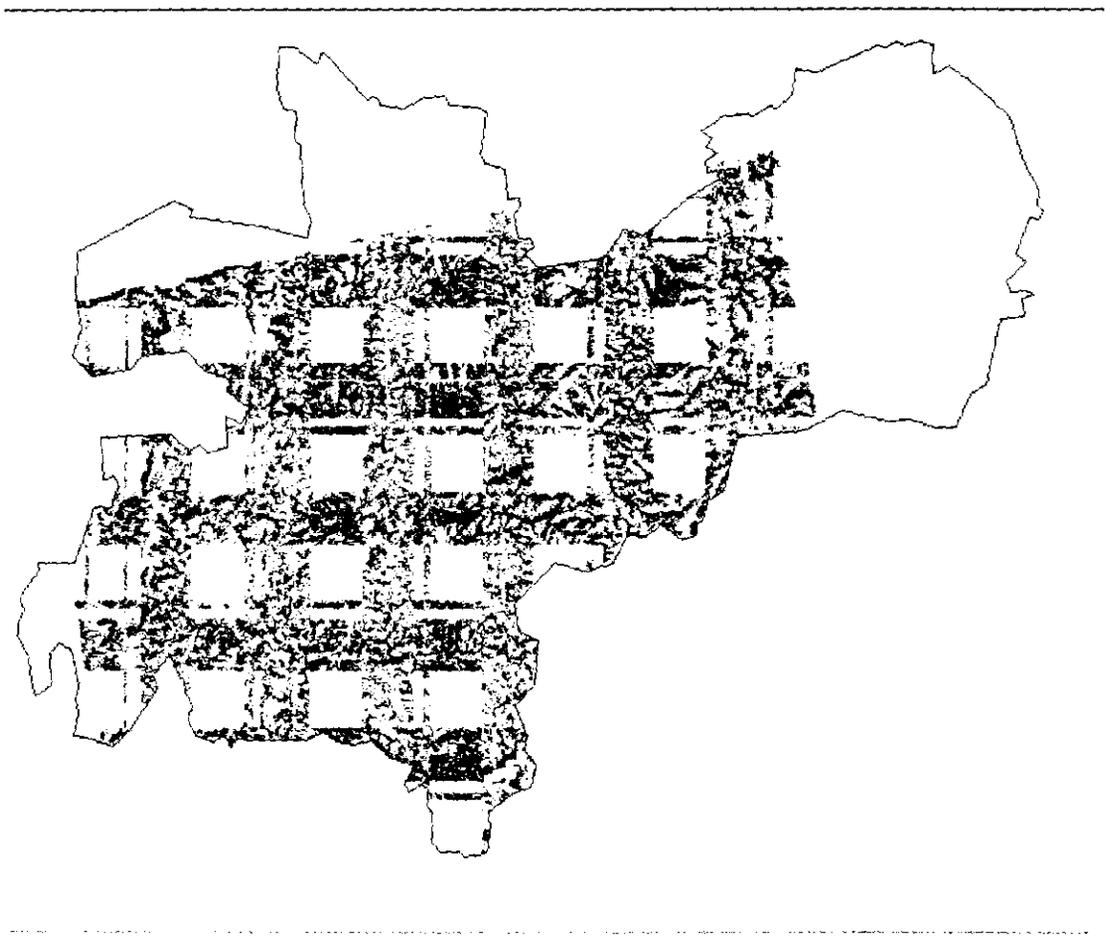
Tanto el MDE como los modelos derivados son susceptibles de ser tratados estadísticamente para concretar sus distribuciones y parámetros específicos. En este sentido, es imperativo tener en cuenta una circunstancia, que aunque obvia no suele ser tomada en cuenta: entre las variables que van a ser tratadas se encuentran algunas cuya distribución es circular como, por ejemplo, la orientación; y por lo tanto su tratamiento debe ser diferente al de las variables lineales.

La orientación en un punto es el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector gradiente. La codificación mediante una escala de grises se ha realizado de forma que el negro corresponde a un valor de 0° , aumentando la luminosidad en sentido horario, gris oscuro hacia el este, gris medio al sur, gris claro al oeste, y existe una brusca discontinuidad en el norte donde el origen y fin de la escala coinciden debido a la naturaleza circular de la variable.

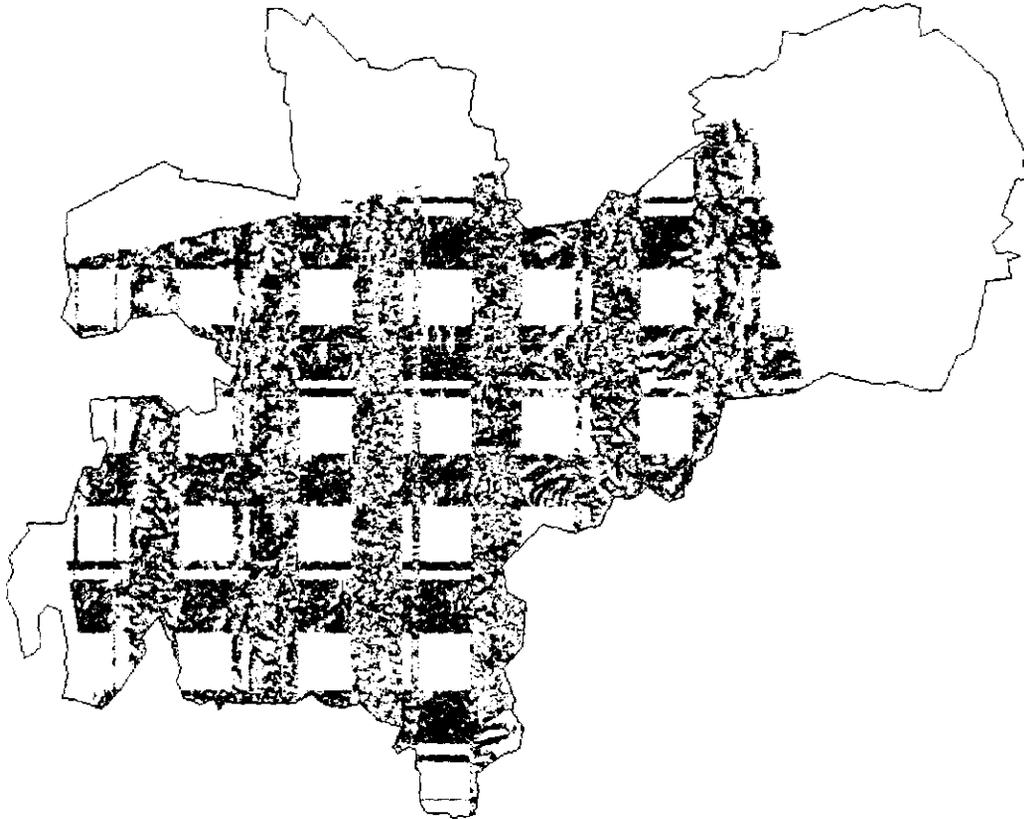
Por ser una variable circular, los estadísticos convencionales descriptivos no funcionan muy bien, puesto que aquí el valor de 0 es igual al de 360. Por ello se creó una máscara, de los diferentes rangos de error para la orientación de la pendiente:

-  Diferencias entre 350-360 grados y entre 0-10 grados
-  Diferencias entre 10 grados y 350.
-  Sitios donde no se tiene pendiente en uno modelo, y en el otro sí.

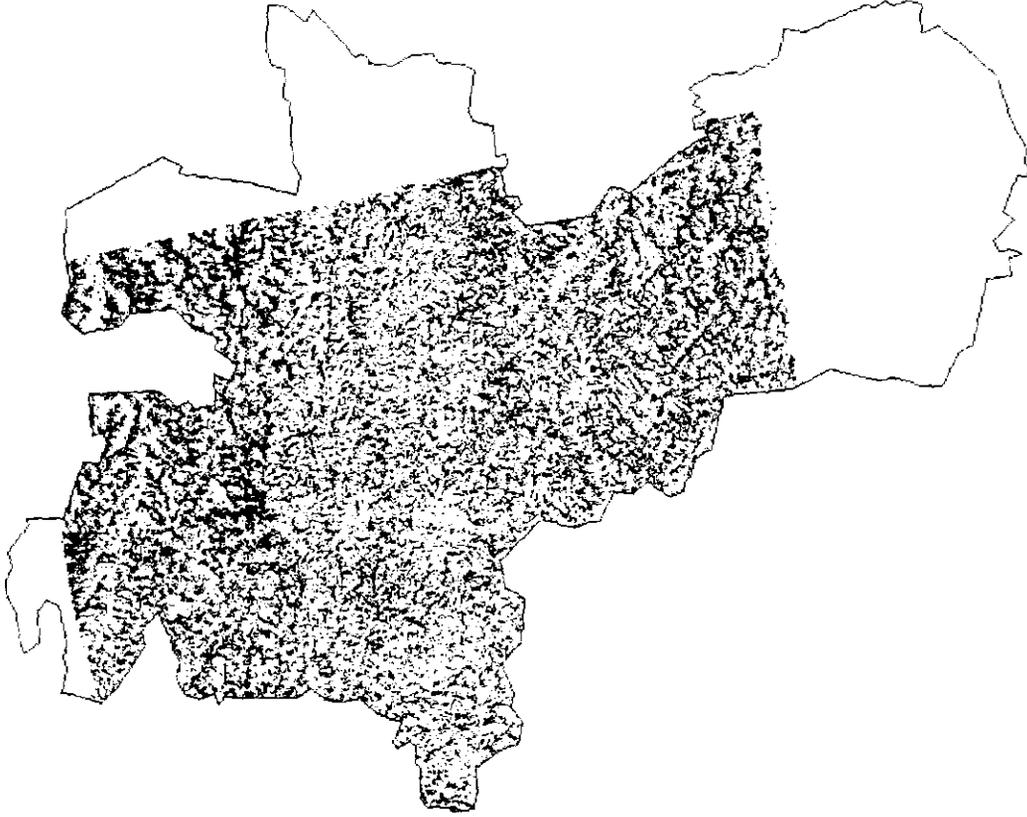
ddem126CP



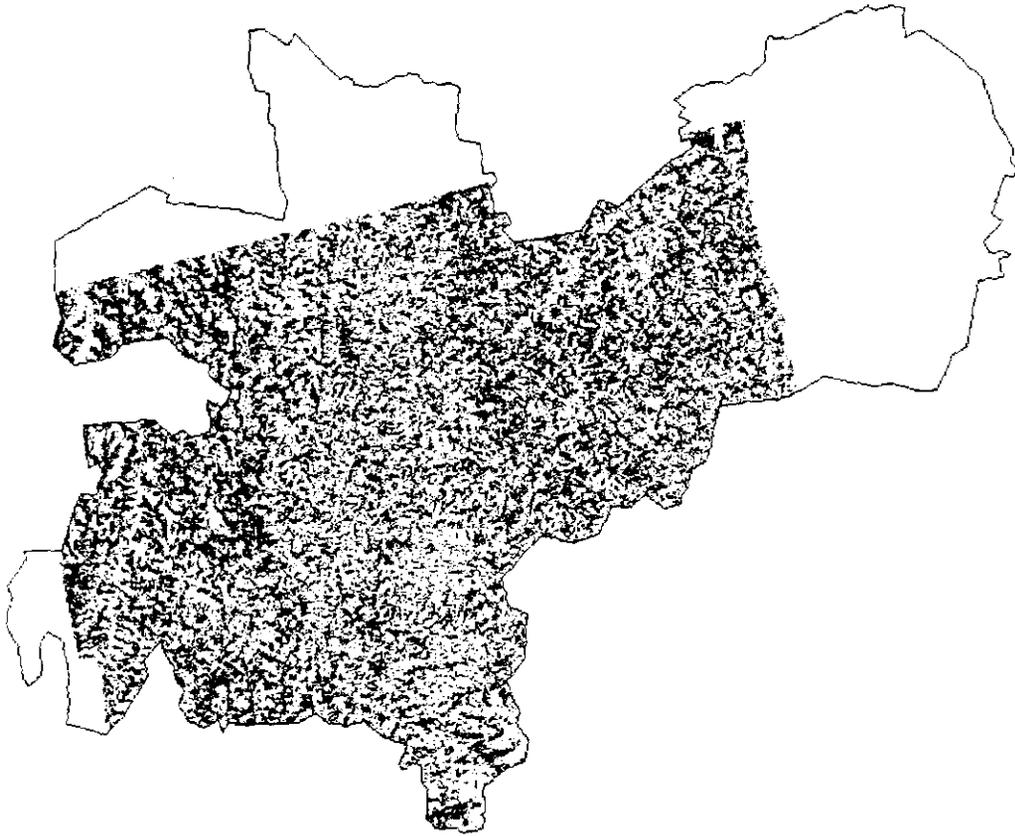
ddem126Perr



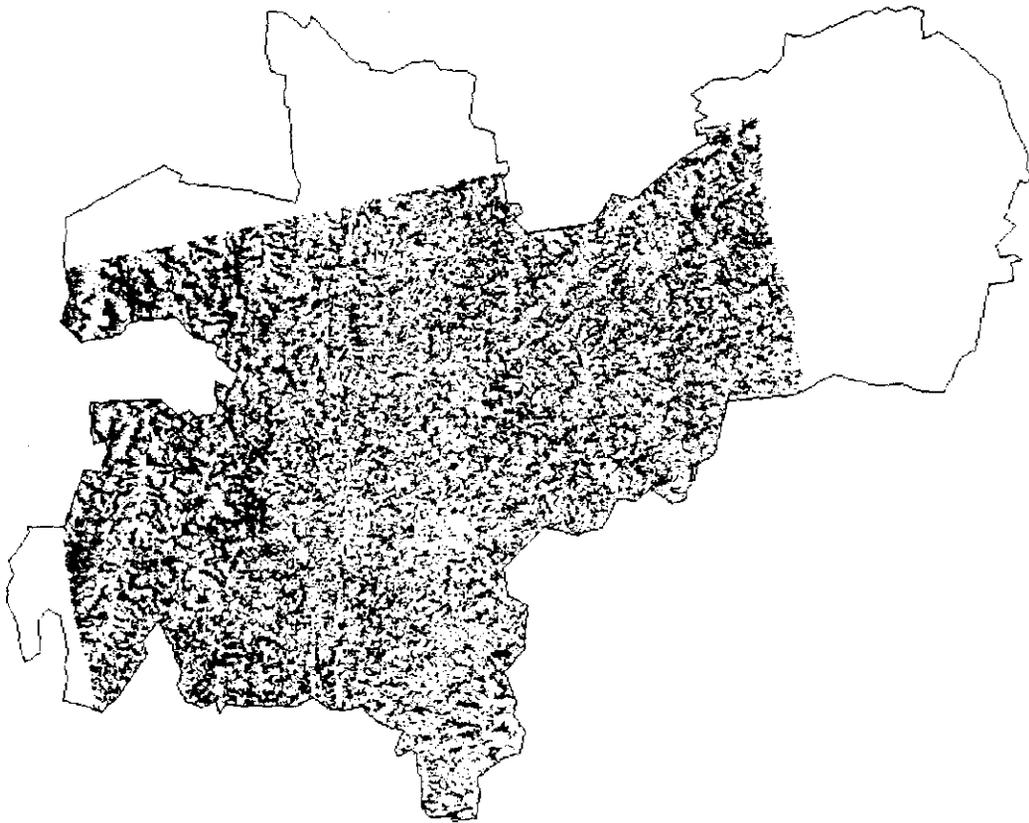
ddem176Perr



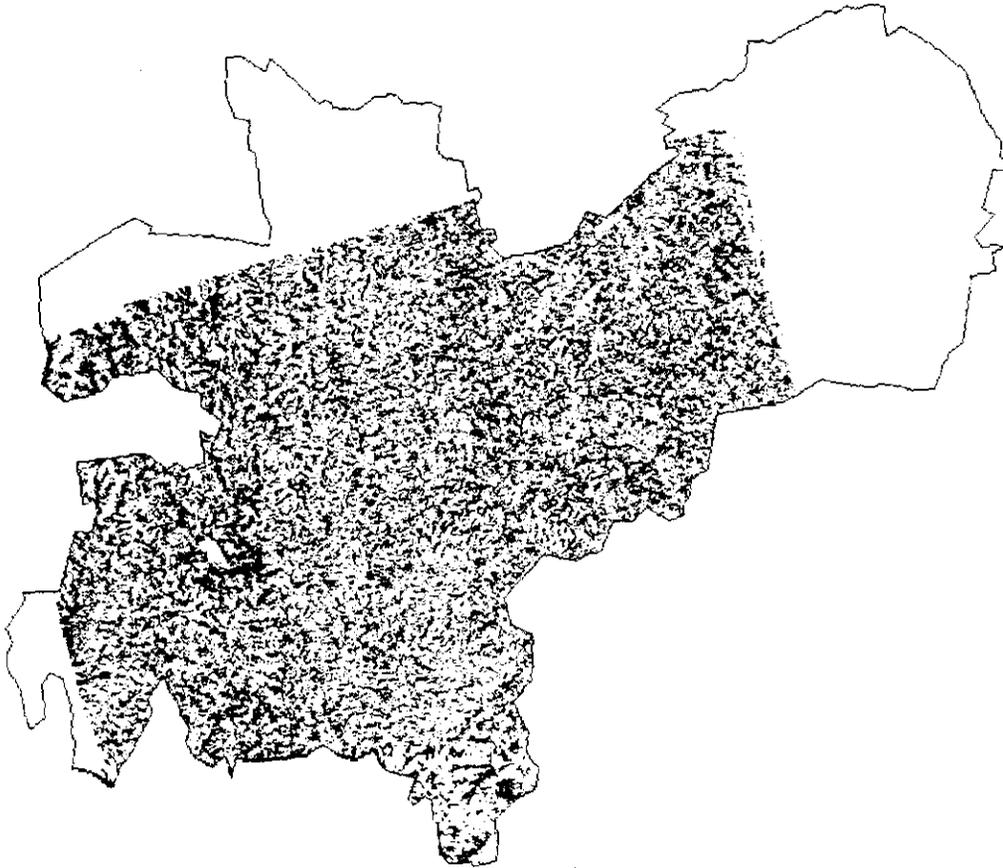
ddem186Perr



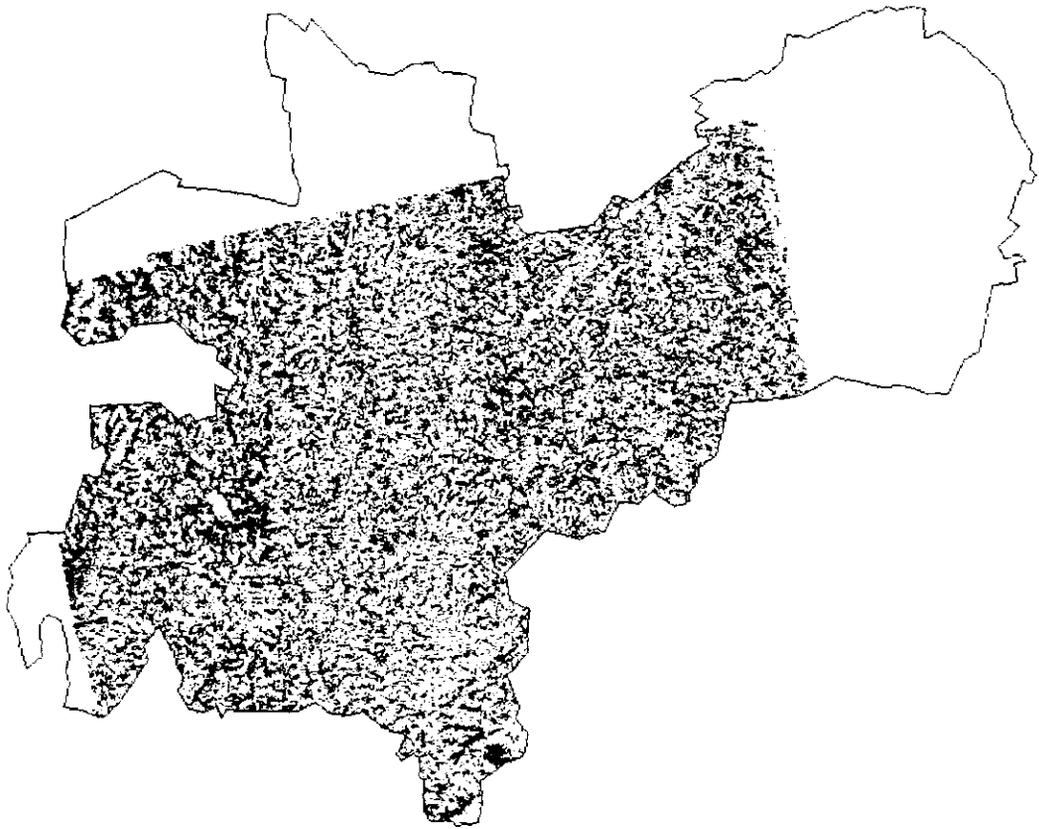
ddem226CPerr



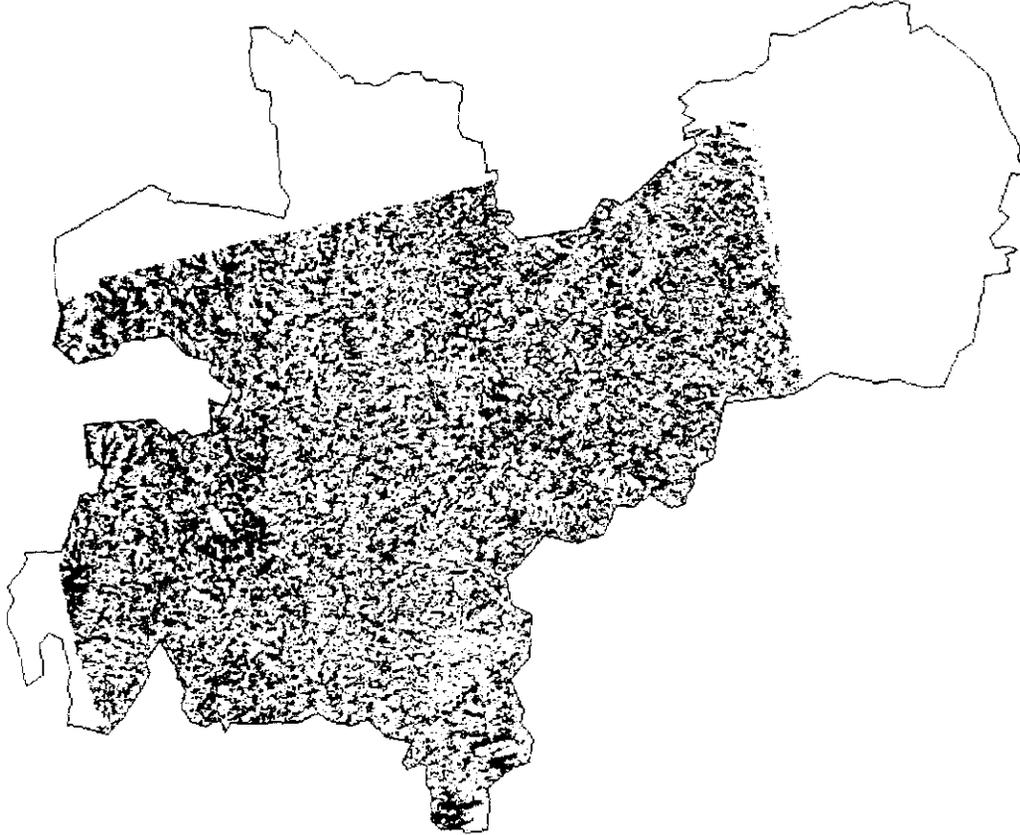
ddem306CPerr



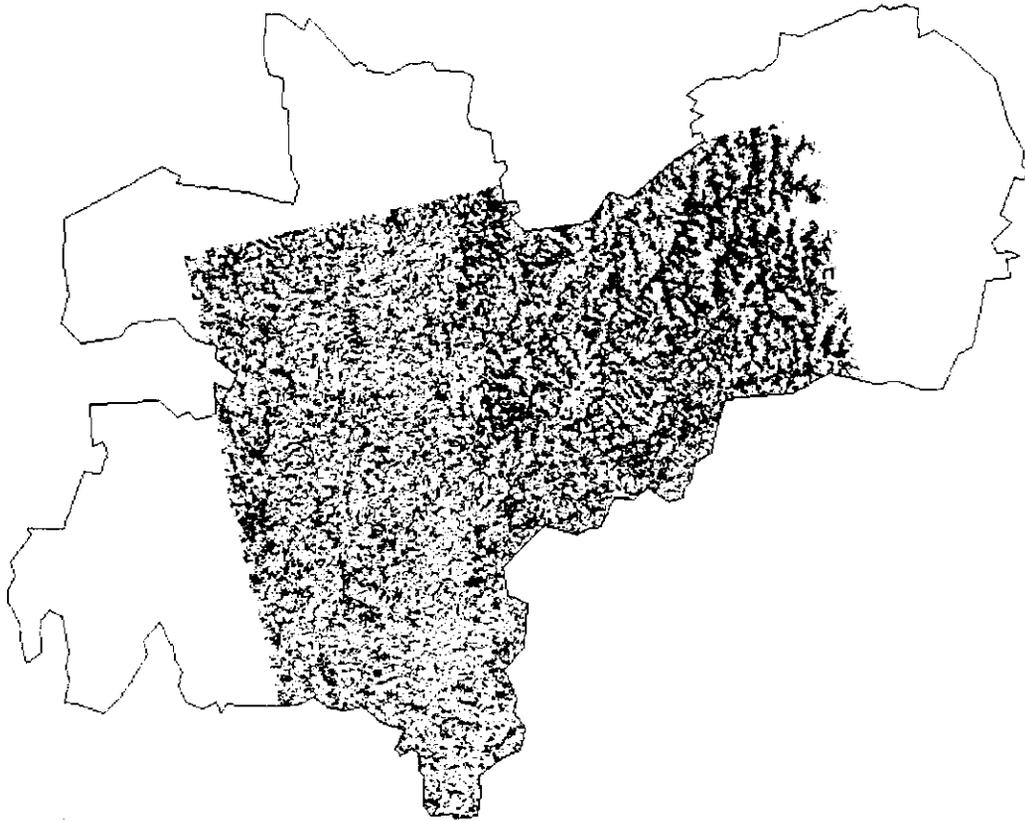
ddemnew



ddemnew2TP



ddems7s4



ddemf5f2

2000/01

