

Herramientas Automáticas de Diagnóstico y Corrección para Aerofotogrametría

Oscar E. Ruiz Salguero

Centro Interdisciplinario de Investigación (CII) en CAD / CAM / CG

Universidad EAFIT

A.A. 3300 Medellín, COLOMBIA

E-mail: oruz@sigma.eafit.edu.co; Tel. +57(4)266-0500; Fax. +57(4)266-4284

1. Resumen

En Aerofotogrametría, el proceso de restitución (paso de imagen a formato electrónico vectorizado) es realizado por un operador humano, con asistencia de hardware y Software especializado. Dicho proceso implica la traducción de accidentes geográficos, detalles topográficos, etc, la cual conlleva errores tanto geométricos (precisión) como topológicos (conectividad) de los datos digitales vectorizados. Adicionalmente, aun si la vectorización es perfecta, los editores en etapas subsecuentes deben realizar tareas repetitivas: formateo, marcado, ajuste de convenciones, etc, que por el tamaño de los archivos de datos se hacen prolongadas y propensas al error. Tanto los procesos de corrección como de formateo y marcado requieren además la ejecución de entradas / salidas con el usuario en el computador, proceso que es particularmente lento. Esta investigación presenta el desarrollo de herramientas automáticas de (i) detección y corrección de errores comunes en los planos restituidos, (ii) partición y re-agrupación inteligentes de planos grandes, y (iii) formateo y marcado automático. El desarrollo de software se hace usando el standard AIS (Application Interface Specification), lo que lo hace portable a los modeladores cuya interface AIS haya sido implementada. El proyecto se desarrolla para la firma AeroEstudios LTDA de Colombia, la cual lo ha incorporado a sus herramientas de procesamiento de información digital.

2. Abstract

In Aerophotogrametric processes the translation from image to vectorized digital information (called "restitution") is performed by a human operator, in general with specialized software and hardware. Such a process implies the translation of geographical and / or topographical landmarks, which engenders both geometrical (precision) and topological (connectivity) errors on the vectorized data. Even if the vectorization process is flawless, the editors in subsequent stages of the process must perform repetitive tasks: formatting, marking, convention adjustment, which, due to the large file size are error prone. Such processes involve also user input, which further delays the execution. This investigation presents the development of automatic tools for (i) detection and correction of common errors in the "restored" drawings, (ii) intelligent partition and merging of large drawings, and (iii) formatting and automatic labeling. The software has been developed respecting the AIS (Application Interface Specification) standard, making it portable across AIS - interfaced geometric modelers. The project is developed for Aeroestudios LTDA (Colombia) which has included the software among its utilities for processing of graphic data.

3. Introducción

La actividad Aerofotogramétrica automatizada en Colombia data de aproximadamente 15 años. Sin embargo, dado el alto costo de la tecnología involucrada, la mayoría de sistemas tanto de hardware como de software funcionan con elementos de generaciones pasadas de entornos más desarrollados. Esta característica no es necesariamente adversa en si misma, dado que permite el desarrollo de cartografía y sistemas de información geográfica a costos razonables en nuestro medio. Sin embargo, el hecho de importar hardware y software foráneos hace difícil cumplir con los estándares que se utilizan, por ley, en Colombia. En estas condiciones, la cantidad de formateo manual requerido es bastante grande, con las desventajas que ello implica: (i) propensión al error, (ii) irrepetibilidad, (iii) dificultad para re-utilizar datos que han sido obtenidos a altos costos, etc.

El presente proyecto es una colaboración con la empresa AeroEstudios Ltda, del sector de aerofotogrametría. La empresa posee sus propios aviones, los equipos para la captura fotográfica del terreno y el software genérico de CAD/CG para su edición. El paso de la imagen fotográfica a su versión digital vectorizada se denomina "restitución", y produce la versión simplificada de la zona fotografiada representada por curvas de nivel y accidentes (por ejemplo ríos) por medio de polilíneas. Esta etapa, al ser realizada por un operario humano en periodos largos de trabajo, produce archivos con una cierta cantidad de defectos: líneas de nivel no cerradas, cauces de ríos desplazados de la trayectoria del río, curvas de nivel autointersectantes, o invasivas de otro nivel, etc. El detectar y corregir dichos defectos requiere de un ojo experto y una cantidad significativa de tiempo. Pero aún si los planos restituidos no presentan dificultades, una subsecuente edición se hace imperativa dado que las instituciones clientes requieren los planos seccionados en forma especial, con convenciones particulares, en formatos de archivo determinados, etc. Dichos requerimientos generan también carga de trabajo para personal experto.

En respuesta a esta situación, el presente proyecto busca la automatización de algunos procesos de AeroEstudios LTDA. La contribución del Laboratorio de Imágenes y del Centro Interdisciplinario de Investigación (CII) en CAD/CAM/CG de la Universidad EAFIT a la empresa Aeroestudios Ltda. consta de (i) diagnóstico de procedimientos sensitivos que pueden ser mejorados empleando únicamente características de las herramientas de software CAD / CG (AutoCAD y MicroStation). Esta etapa incluye también la realización de algunos archivos de librerías como solución a problemas de edición, y (ii) desarrollo de soluciones modulares de software ante problemas no atacables con las capacidades de las herramientas comerciales.

La sección 4 presenta una breve revisión bibliográfica, con diagnóstico y solución de problemas atacables con herramientas CAD de usuario final. La sección 5 reporta los desarrollos de software realizados en el CII y entregados para su uso por Aeroestudios Ltda. La sección 6 presenta los resultados y la sección 7 concluye el artículo.

4. Antecedentes de Procesamiento de Información Cartográfica

4.1.Revisión de Bibliografía y Software

El tópico de herramientas de software para cartografía y aerofotogrametría exhibe innumerables ejemplos en el mundo. Sin embargo, los altos costos de los módulos o adiciones al software especializado los colocan fuera del alcance de pequeños empresarios. Por otro lado, hay necesidades muy específicas de convenciones y formateo de los archivos para cada entidad estatal o privada del orden nacional, y que no son servidos por el software existente ([1]). Como un ejemplo, Data Automation Kit ([4]), un software para edición y conversión a formatos de intercambio de archivos cartográficos, no cubre ediciones requeridas por los planos para el servicio del mercado nacional. Aunque presenta un módulo de diagnóstico y corrección, su desfase con respecto a las necesidades locales lo hacen un candidato de baja prioridad para las empresas del medio.

Problema detectado	Recomendaciones y/o solución
-Exportación de archivos (MicroStation o AutoCAD) presentan pérdidas / alteraciones.	-Alteraciones son aparentes. El uso de <i>level symbology</i> permite conservar las características a nivel de visualización y de base de datos.
- <i>Grips</i> (nodos) pierden sus coordenadas al editar polilíneas.	-Uso de <i>Accudraw</i> , forzando el modelador a mantener las coordenadas mundo.
-Bajo Inserción del plano en MicroStation la cuadrícula de información pierde datos al ser movida / insertada. Opción <i>undo</i> falla.	-Usar <i>copy</i> en vez de <i>copy fence contents</i> . El <i>fence</i> hace selección + modificación. Se sugiere usar comandos puros: <i>copy, move, rotate</i> , en especial para entidades importadas / insertadas.
- <i>Copy Clip</i> pierde información de primitivas y/o atributos.	- <i>Copy Clip</i> convierte lo copiado en un formato genérico, haciendo la información inútil en el momento de restituirla al archivo de trabajo
-Polilíneas pierden información o no son convertibles.	-Se recomienda uso de polilíneas 3D por la generalidad de la entidad tridimensional.

Tabla 1 - Problemas Diagnosticados Atacables con las Herramientas CAD pre-existentes.

El presente proyecto prevee un diagnóstico de la actividad diaria de Aeroestudios Ltda. para detectar procedimientos que producen problemas de calidad de los archivos gráficos desarrollados. La baja calidad de un archivo CAD se detecta mayormente en la construcción de las primitivas geométricas, siendo especialmente prevalente el uso de literales en vez de relaciones para la definición de dichas primitivas. Esta práctica produce problemas de precisión que limitan la portabilidad de los archivos de datos ([6,12]). En contraste, el uso de relaciones simples (tangencia, perpendicularidad, etc) no cíclicas permite solucionar muchos problemas en la edición y calidad de los planos. El paso siguiente, de creación por restricciones geométricas generales (no basadas en la bitácora de la sesión), es un problema exponencial que no es estrictamente requerido en este caso.

El desarrollo de los símbolos para la representación gráfica de las características de un área geográfica, definidos como estándares internacionales ([7,16]), se ha requerido para el desarrollo de la cartografía temática objeto de los proyectos realizados por los diferentes Institutos oficiales y corporaciones nacionales (Inst. Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, Corporación del Río Nare-CORNARE, Corporación MiRío, etc). Para ello se han consultado los catálogos y normas expedidas por United States Geological Survey - USGS- y el Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Para los casos no cubiertos por facilidades del software existente, el presente proyecto realiza programación de herramientas específicas de corte y formato de planos, en lo posible portables a varios modeladores. La portabilidad y eficacia de las herramientas involucra los siguientes aspectos: (i) programación con metodología AIS ([9,11]) que las hace portables a varios modeladores (ver [13]), (ii) no requieren la participación del usuario durante su operación, (iii) aplican técnicas de razonamiento geométrico y geometría computacional ([5,10,8]) para modificar la base de datos del modelador, y (iv) hacen uso de simplificaciones inherentes, por ejemplo la prevalencia de cuadrículas rectangulares, la información en 2D en muchos casos (aunque embebida en 3D), etc.

4.2. Proceso de Edición para Aerofotogrametría Digital

Como parte del proyecto de investigación FALCON entre Colciencias, Aeroestudios Ltda. y la Universidad EAFIT, se enviaron asistentes del Grupo Interdisciplinario de Investigación (CII) en CAD/CAM/CG a la empresa para participar en las tareas de usuario final del proceso de restitución de un plano fotogramétrico. Esta actividad permite identificar puntos específicos de problemas, y distinguir aquellos que pueden ser solucionados con las herramientas CAD/CG existentes de los que requieren programación específica para el caso. Los siguientes son los pasos de un proceso de edición:

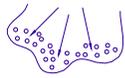
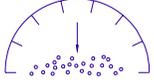
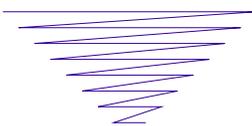
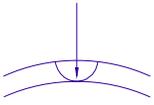
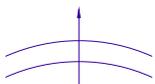
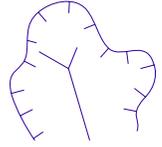
		
Abanico Aluvial	Alud de Rocas	Camino
		
Carcavas	Deslizamiento Activo	Deslizamiento Inactivo
		
Deslizamiento Rotacional	Erosión	Escarpes
		
Huellas de Ganado	Profundización de Cauces	Reptación
		
Socavación de Orillas	Surcos	Tierrasmalas

Tabla 2 - Librería de Iconos de Accidentes Topográficos.

1. Un operario humano realiza el proceso de restitución, por el cual la fotografía aérea se traduce a formato digital vectorizado. La restitución implica el seguimiento de líneas de nivel, ríos, y otros accidentes geográficos por medio de un generador de coordenadas (x,y,z) .
2. Fraccionamiento del plano en sub-planchas con la finalidad de hacer el trabajo paralelizable.
3. Las planchas son exportadas entre modeladores para aprovechar herramientas de tratamiento inherentes a cada uno, ajustándose al mismo tiempo al formato requerido para su entrega final.
4. Proceso de corrección de errores (por ejemplo polilíneas interrumpidas que deberían ser continuas, ruido en la vectorización, líneas de nivel que intersectan, etc.). Para ello se recurre a visualizaciones alternativas para corregir problemas que no sean visibles desde la vista de planta.
5. Verificación de los textos y niveles (las cotas deben marcar la altura real).

6. Verificación de escalas de convenciones para las líneas de nivel, caminos y ríos.
 - 6.1 Regeneración de polilíneas 3D de caminos. Eliminación de polilíneas base.
 - 6.2 Verificación de existencia de líneas de río dobles (río con alto caudal). Los ríos de mayor caudal deben ir achurados.
7. Inserción de cuadrícula, rótulos, convenciones y coordenadas del plano.
8. Inserción de textos en tamaños prefijados para quebradas, accidentes geográficos, calles y carreras, barrios y sectores residenciales.

La Tabla 1 muestra algunos de los diagnósticos hechos ante problemas presentados en la edición de los archivos aerofotogramétricos, solucionables con herramientas existentes en el software disponible por la empresa. Se identifican entonces situaciones que requieren desarrollo de módulos adicionales para procesar las gráficas en una forma segura, uniforme y más rápida.

4.3.Soluciones por CAD de Usuario Final

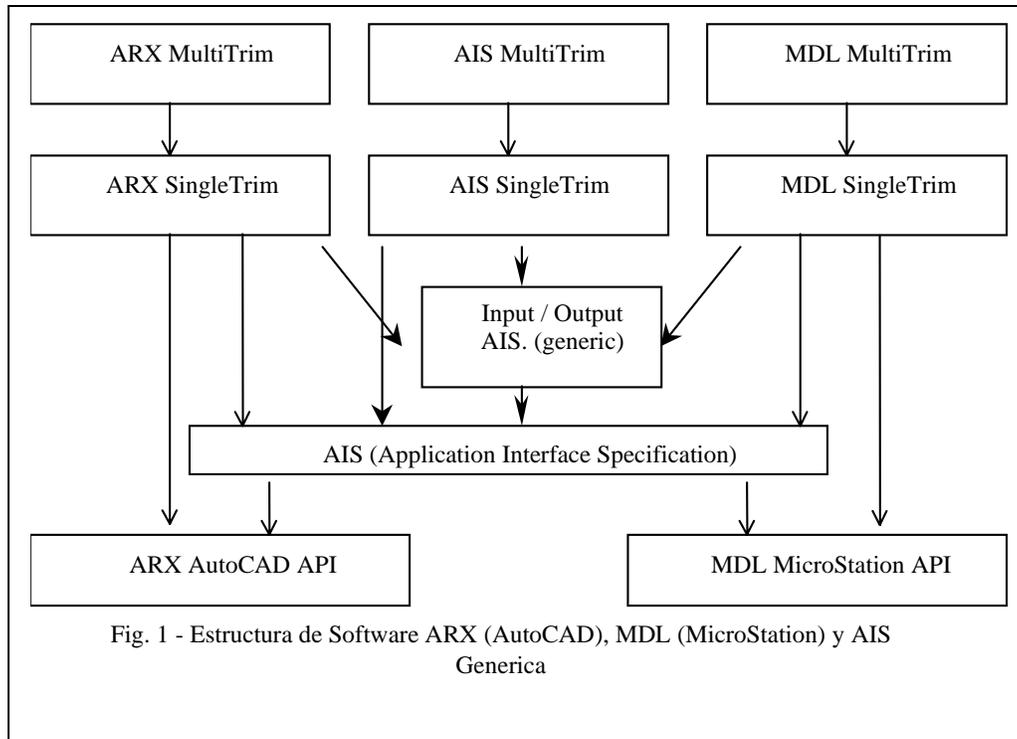
Dentro de los procesos de tratamiento de imágenes vectorizadas para Aero-Fotogrametría y SIG se pueden identificar actividades que agilizan el procesamiento de la información, sin requerir la escritura de software por encargo, la cual es una operación extremadamente costosa. Esta sección discute una de dichas actividades, específicamente destinada a la elaboración de simbología estándar para representar la información geográfica de manera que sea fácilmente interpretable. Un símbolo de mapa es un gráfico que representa un elemento en el terreno y sus características. A pesar de que los sistemas de diseño de cartografía digital existentes en el mercado cuentan con una gran variedad de librerías de símbolos, aún siguen siendo pobres para la generación de mapas temáticos específicos como es el caso de aquellos que representan (por ejemplo) procesos erosivos. Para subsanar esta dificultad se produjo una librería de símbolos (ver Tabla 2) para dichos procesos, la cual presento los siguientes efectos:

- (a). Disponibilidad de los símbolos requeridos para la representación de los eventos geográficos, de acuerdo con los estándares establecidos por organismos de diversas nacionalidades (USGS),
- (b). reducción del tiempo de edición y preparación de mapas temáticos digitales,
- (c). Posibilidad de manipulación interactiva de los símbolos,
- (d). Reducción de errores en la representación de los eventos geográficos, y,
- (e). Múltiple inserción de iconos

4.4.Herramientas a desarrollar

Las secciones anteriores reportan las herramientas de usuario final existentes para la edición de archivos de Aero-Fotogrametría. La intención de dicha identificación es el usar hasta donde sea posible las herramientas pre-existentes (Tabla 1), dejando para casos que lo ameriten el desarrollo de rutinas específicas. Los objetivos de dichas rutinas serían: (a) Herramientas de Corte Automático de Planos en Sub-planos, (b) Detección y llamado de atención de los errores comunes en el plano a editar (líneas partidas, líneas que se salen de su respectivo nivel y ríos fuera de su cauce, etc), (c) Herramienta de unión automática de polilíneas rotas, (d) Implementación de un achurado 3D, que sería utilizado para marcar los ríos caudalosos. Esta herramienta se hace necesaria dado que el achurado es una primitiva 2D en la mayoría de aplicaciones CAD / CG, incluyendo AutoCAD y MicroStation.

De las necesidades especificadas, este artículo discute aquella de Corte Automático. Su finalidad es la de bajar la posibilidad de error, uniformizar el proceso de corte y nombramiento y preparar los archivos para ser re-ensamblados después de ser procesados individualmente. La operación de re-ensamble de sub-planos se dificulta si el proceso de corte no está automatizado porque el proceso manual generalmente deja los límites de sub-planos mal recortados, entorpeciendo el proceso de unión posterior.



5. Programación de Herramientas Automáticas de Edición de Archivos Digitales

La Figs. 3 y 4 muestran tangencialmente la situación en la cual varias polilíneas que aparecen continuas en realidad están interrumpidas. El detectar y corregir dicha situación es (como se menciona arriba) un objetivo de este proyecto. A pesar de tener ya algunos resultados de diagnóstico automático (ver Fig. 10), en este artículo se reportan las herramientas más depuradas (de corte) que se han entregado a la empresa interesada. Las herramientas de diagnóstico, en cambio, están en su etapa de prueba. El desarrollo de algoritmos geométricos para recuperación de superficies en aerofotogrametría es similar a aquellos desarrollados en ambientes industriales ([15]) o bio-ingeniería ([14]). El desarrollo se ha realizado siguiendo el standard AIS (Application Interface Specification ([11]), el cual permite la ejecución transparente de los programas clientes desarrollados aquí sobre varios servidores o modeladores comerciales, en este caso AutoCAD ([2]) y MicroStation ([3]). AIS ha sido implementado en el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias CII-CAD/CAM/CG de la Universidad EAFIT en los años 1996-1998 ([13,14,15]).

5.1. Estructura del Proyecto

La estructura del proyecto está determinada por la demanda de las herramientas desarrolladas y por los detalles técnicos durante el desarrollo. La Fig 1 muestra las diferentes etapas del desarrollo. Se pueden notar tres ramas (verticales) principales, según estándar de desarrollo: (i) ARX (de AutoDesk Inc), (ii) MDL (de Bentley Systems) (iii) AIS (CII-Univ EAFIT). Ellas corresponden a la interface de CAD que sirve la aplicación cliente y por lo tanto determinan la sintaxis de operaciones de modelaje geométrico usadas. Las divisiones horizontales corresponden a módulos de software por niveles (de abajo hacia arriba):

(i) interfaces de programación (APIs) de AutoCAD (ARX) y MicroStation (MDL). Colocan a la disposición de un programa cliente las capacidades geométricas y gráficas de AutoCAD y MicroStation. En este caso los programas clientes serán las interfaces ARX-AIS y MDL-AIS.

(ii) AIS (Application Interface Specification) o interface genérica, implementada tanto sobre AutoCAD como MicroStation. AIS constituye la especificación funcional de un modelador geométrico genérico. Por lo tanto, aplicaciones escritas adhiriéndose al standard AIS se ejecutan transparentemente

sobre cualquier modelador para el cual la interface AIS haya sido construida (en este caso se dispone de MDL-AIS y ARX-AIS). La interface implementada sirve una petición hecha en el lenguaje genérico AIS con las herramientas de AutoCAD y/o MicroStation y retorna el resultado en datos AIS compatibles.

(iii) Módulo de Entrada Salida, implementada completamente sobre la interface genérica AIS y por lo tanto un ejemplo de aplicación portable sobre MDL y sobre ARX.

(iv) Single Trim (implementada en cada interface), la cual presenta tres versiones: ARX, MDL y AIS. Las dos primeras incluyen funciones particulares de AutoCAD y MicroStation respectivamente, siendo por lo tanto no portables a otro modelador, además de llamados a AIS y al módulo de entrada/salida AIS. La tercera incluye exclusivamente llamados AIS y es por lo tanto perfectamente portable (desarrollada en un 100%).

(v) MultiTrim y Falcon-Trim (implementadas sobre Single Trim). Aunque Multi-Trim (ver Fig. 5) es una ejecución iterativa de Single-Trim para cortar un plano completo, Falcon-Trim ofrece la posibilidad de hacer un cubrimiento que minimiza el número de sub-planos a producir (desarrollada en un 100% sobre ARX). La convención de nombrado de planos es *NombreBase_Fila_Columna.dwg*. Por lo tanto un nombre típico es: *semilla_2_3.dwg* (ver Figs. 5 y 6).

5.2.Falcon-Trim

5.2.1. Definición

La herramienta desarrollada busca cubrir el terreno con planchas rectangulares rotadas con respecto al eje Norte-Sur, y cuya posición en una dirección tiene un grado de libertad. Ello significa que en un eje (por ejemplo Y rotado) siguen dispuestas en forma uniforme, pero en otra dirección (por ejemplo X rotado) gozan de la posibilidad de posicionarse donde cubran el terreno con un mínimo de sub-planos.

La aplicación desarrollada permite: (i) orientar los planos en una dirección especial (ver Fig. 7), (ii) justificar la cuadrícula en cada fila para evitar espacios en blanco y reducir el número de planchas por fila (ver Fig. 8), (iii) combinar los numerales (i) y (ii) para mayor optimización y distribución de los planos generados (ver Fig. 9).

El proceso de corte en cada una de las plataformas se diferencia básicamente en los siguientes aspectos: 1. En ARX se hace un manejo iterativo de herramientas de usuario final propias de AutoCAD. 2. En MDL se hace un manejo iterativo de herramientas de usuario final propias de Microstation. 3. En AIS se hace un corte basado directamente en algoritmos geométricos desarrollados en el CII-CAD/CAM/CG ([14,15]). El desarrollo en los tres frentes se debe a que la empresa Aeroestudios Ltda. requirió las herramientas con urgencia. En estas condiciones, el resultado más rápido se logró programando herramientas particulares sobre cada modelador (1 y 2). Sin embargo para satisfacer el objetivo de portabilidad se requiere una herramienta genérica AIS que ejecute transparentemente sobre los dos modeladores a la vez (paso 3).

5.2.2. Procedimiento *Falcon_Trim*

El procedimiento *Falcon_Trim()* presentado en forma de pseudo-código en la Fig. 2 captura el nombre semilla de la familia de subplanos, así como la escala y la orientación deseadas (líneas 1, 2 y 3). Usando una entidad envolvente (polilínea) definida por el usuario limitando el espacio que contiene el plano a cortar (línea 4). Se procede entonces a generar una colección de cuadrículas (las coordenadas de los sub-planos) que cubren convenientemente el plano general y sus respectivos nombres (líneas 5 y 7). Enseguida, un proceso iterativo tiene lugar (líneas 9 a 15), guardando cada sub-plano en un archivo con su nombre correspondiente, y ya determinado en las líneas anteriores.

La optimización de corte de FalconTrim permite una distribución uniforme del plano en las diferentes planchas procesadas dependiendo de las necesidades del usuario final. Nótese que no necesariamente implica un mínimo en el número de sub-planos, dado que permite escoger orientaciones que satisfacen

Function Falcon_Trim(Entity_Set S)

```
{pre: S es el conjunto de entidades geométricas que compone el plano a cortar }
{post: S =  $\cup_{i=1, n}$  Conjunto i. , Conjunto i  $\cap$  Conjunto j =  $\Phi$  ( para j  $\neq$  i ) }
1 Capturar_NombreBase (Nombre_Base )
2 Seleccionar_Escala ( LongitudPlancha, AltoPlancha)
3 Calcular_Orientación ( EjeX, EjeY)
4 Definir_Espacio_de_Interes (Entidad_de_Contorno)
5 Calcular_Lista_Poligonos_Cortantes(EjeX, EjeY, Origen, LongitudPlancha,
6 AltoPlancha, Entidad_de_Contorno , ListadeCuadrículas)
7 Generar_Nombres_Planchas(NombreBase, ListadeCuadrículas,
ListadeNombresdePlanchas )
8 for (each i in ListadeCuadrículas )
9 {
10 Rectángulo = ListadeCuadrículas[i];
11 Proceso_de_Corte (Rectángulo, Conjunto i , Entidades_Sobrantes);
12 Borrar_entidades_sobrantes (Entidades_Sobrantes , Conjunto i );
13 Nombre_Plancha = ListadeNombresdePlanchas[i];
14 Grabar (Conjunto i , NombrePlancha);
15 }
16 end {funcion principal }
```

Fig. 2. Macro-algoritmo implementado para el corte automático optimizado de planos.

mas al usuario pero que se desvían en una proporción pequeña del optimo numérico en aras de mejor presentación de los subplanos (ver Figs. 9 y 10).

6. Resultados

La Tabla 1 contiene algunos diagnósticos realizados sobre problemas en los procesos de edición, y las soluciones propuestas. La idea subyacente, como se ha dicho, es la de aprovechar al máximo las características de MicroStation y AutoCAD, para enfrentar a través de programación únicamente problemas que no sean solucionables con las utilidades ya existentes.

La Tabla 2 presenta los iconos realizados como ayudas para edición de planos temáticos (de erosión, en el ejemplo mostrado). Como se ha dicho antes, su objetivo es agilizar al máximo la tarea de edición de archivos topográficos digitales y a uniformizar el producto entregado. Nótese que al crear las librerías mostradas, ellas pueden ser aplicadas a listas de coordenadas por medio de programas similares a los descritos en este artículo.

Las Figs. 4 a 10 presentan diferentes etapas de la aplicación de las herramientas SingleTrim, MultiTrim y FalconTrim desarrolladas. Aunque las aplicaciones basadas en el SingleTrim AIS son genéricas y portables, su tiempo de ejecución es bastante alto. Ello se debe a que, al ser genéricas, no hacen uso de optimizaciones inherentes a cada servidor de CAD particular. Por ello, en el momento presente, la línea SingleTrim ARX, MultiTrim ARX y Falcon Trim ARX es la que se usa en las labores de edición normales.

Las Figs. 8 y 9 muestran que el concepto de cubrimiento óptimo no es exactamente coincidente con el de mínimo número de subplanos. La Fig. 9 presenta 8 sub-planchas mientras que la Fig. 8 presenta 7 sub-planchas. Sin embargo, el usuario puede preferir la alternativa de la Fig. 9 dado que la orientación de los subplanos puede resultar mas conveniente para propósitos de trabajo y despliegue posterior.

La Fig. 10 presenta una ejecución de las herramientas de diagnóstico, para el caso concreto de polilíneas interrumpidas. Como se dijo anteriormente, en el momento de imprimirse este artículo, ellas están en una etapa incipiente. Un informe detallado se difiere para una próxima oportunidad.

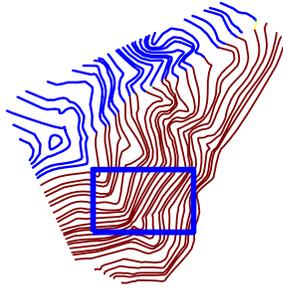


Fig. 3 - Entidades a cortar en iteración k . Entidades no involucradas en operación k (gris claro).

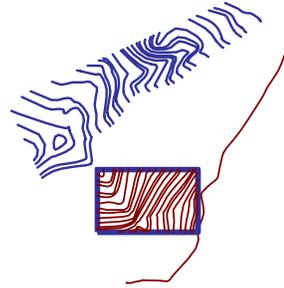


Fig. 4 - Plano Cortado. Entidades sobrantes.

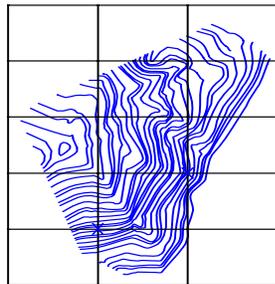


Fig. 5 - Cuadrícula para trim. Número de filas = 5. Número de columnas = 3. Marcas: (i) Esquina inferior izquierda, (ii) Esquina superior derecha, (iii) Esquina superior absoluta de la cuadrícula.

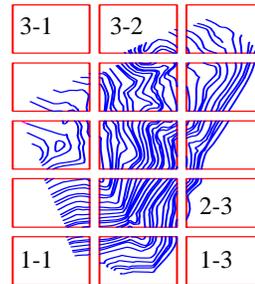


Fig. 6 - Subplanos resultantes del Multi Trim, con los índices correspondientes.

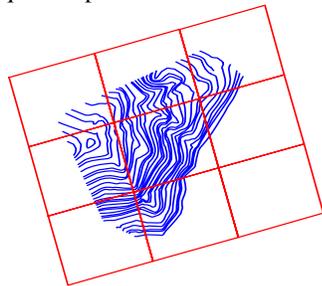


Fig. 7 - Cuadrícula rectangular orientada sin optimización.

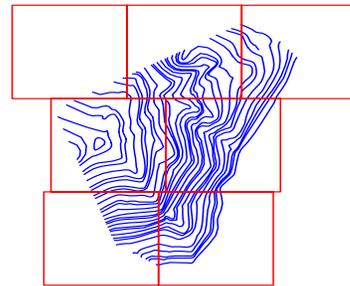


Fig. 8 - Cuadrícula no orientada, optimizada para minimizar el número de sub-planos.

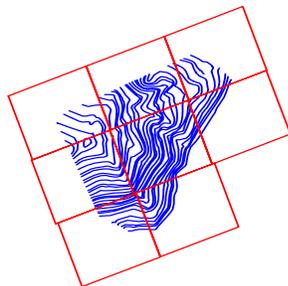


Fig. 9 - Cuadrícula orientada y optimizada para la orientación dada.

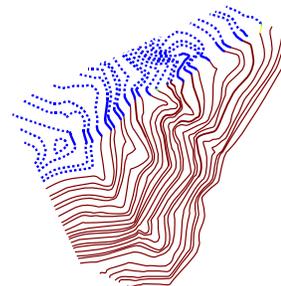


Fig. 10 - Herramienta de Diagnostico para Polilíneas Quebradas.

7. Conclusiones

El presente proyecto direcciona un módulo de programación de software, con herramientas específicas de corte y formato de planos. Las herramientas automáticas realizadas son portables a varios modeladores (actualmente AutoCAD y MicroStation) y hacen uso de simplificaciones inherentes a la geometría de entidades topográficas.

En adición a esta característica, existen varias formas en las cuales el quehacer diario de Aeroestudios Ltda. se ha visto beneficiado con el presente proyecto. A través del entrenamiento en el uso de las características más profundas del software poseído por Aeroestudios Ltda., se ha descubierto que algunas de las herramientas inicialmente presupuestadas para desarrollar no se requieren. Se han desarrollado librerías de símbolos geográficos para el desarrollo de cartografía temática. Adicionalmente, las actividades de diagnóstico han sido útiles para detectar otras necesidades que realmente requieren de software especializado, y que se han emprendido en el presente proyecto.

Aunque el objetivo del CII-CAD/CAM/CG es el de producir software portable a través de varios servidores de CAD y CG comerciales, esta meta de "pureza" del desarrollo de software no puede colocarse por delante de los compromisos técnicos con Aeroestudios Ltda. Esta observación tiene un impacto directo en casos en los cuales una solución a un problema determinado es provista por el modelador A pero no por el B. El enfoque purista desde el punto de vista de portabilidad del software suministrado determinaría el ignorar la solución de A y construir una herramienta, nueva, que ejecute sobre A y B transparentemente. En contraste, el enfoque pragmático indica ignorar el modelador B y avanzar lo más rápido posible usando las herramientas preconstruidas del modelador A. Aunque responde a las necesidades inmediatas de la empresa cliente, esta última opción no puede ser abusada indefinidamente, porque recorta, a la larga la aplicabilidad del proyecto. Como ocurre usualmente, una solución de compromiso puede ser la mejor: El hacer desarrollos que posiblemente no sean 100% portables al otro modelador (A o B), pero cuyos aspectos de especificidad estén perfectamente identificados y confinados. De esta manera, hacer la versión portable al otro modelador es más fácil.

Reconocimientos

El Principal Investigador desea agradecer a los Asistentes de Investigación Jorge Leon Posada, Sebastian Schrader, Luis Miguel Ruiz, Juan David Vanegas, Carlos Andres Gonzalez y Carlos Andres Toro. La presente Investigación ha sido financiada por la Universidad EAFIT y Colciencias (Instituto Colombiano para la Ciencia y la Tecnología). Asimismo se agradece a la empresa AeroEstudios LTDA. su participación y permanente soporte en el proyecto presente, y a la investigadora Susana Acosta del Laboratorio de Imágenes de la Universidad EAFIT por su participación en identificación de simbología temática para cartografía digital.

8. Referencias Bibliográficas

- [1] Arlinghaus, Sandra (ed), 1994. Practical Handbook of Digital Mapping: Terms and Concepts. CRC Press.
- [2] Autodesk, Inc. *AutoCAD Release 14 ARX Developer's Guide*. USA, 1997
- [3] Bentley Systems, Inc. *MDL Function Reference Manual*. USA 1997
- [4] Environmental Systems Research Institute Inc. 1996. Data Automation Kit. Users Guide.
- [5] Foley, J., Van Dam, A., Feiner, S., Hughes, J., 1991, "Computer Graphics: Principles and Practice", Addison Wesley, pp. 73-78.
- [6] Hoffmann, C.. *Geométric and Solid Modeling: An Introduction*. Morgan Kaufman. 1989
- [7] Instituto Panamericano de Geografía e Historia 1978. Especificaciones para Mapas Topográficos.
- [8] O'Rourke, Joseph, 1994, *Computational Geometry in C*. USA. Cambridge University Press.
- [9] Posada, Jorge León., 1997, *Intefaz AIS para MicroStation V5*. Proyecto de grado. Universidad EAFIT. Medellín.
- [10] Preparata, F. and Shamos, M. I., 1985, *Computational Geometry. An Introduction*, Springer Verlag. New York
- [11] Paul Ranyak. CAM-I (Consortium for Advanced Manufacturing - International), 1994 *Application Interface Specification (AIS). Versión 2.1 Vols. I, II*. Integrity Systems. USA,
- [12] Ruiz, O., Ferreira P, J., 1994, "Algebraic Geometry and Group Theory in Geometric Constraint Satisfaction". *Proceedings, International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation*, Julio, 1994, Oxford, Inglaterra.
- [13] Ruiz, O., Saldarriaga, J., 1997, "An AIS Interface for Applications CAD / CAM / CG". *Proceedings, EGRAF-97.*, Oct 13-15, Camaguey, Cuba.
- [14] Ruiz, O., Henao, C., "MODELAJE GEOMÉTRICO DE ESTRUCTURA ÓSEA". *X Congreso Internacional de Ingeniería Grafica*, June 3-5 1998, Malaga, Spain.
- [15] Ruiz, O., Posada, J., 1998, "Computational Geometry In The Preprocessing Of Point Clouds For Surface Modeling". *Proceedings, IDMM-98 (Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering)*, May 27-29, Compiègne, France. pp. 613-620
- [16] United States Geological Survey - USGS-. Open-File Report 95-525, *Cartographic and Digital Standard for Geologic Map Information*".