

CÁLCULO AUTOMATIZADO DE LA PLANIMETRÍA EN LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO FORESTAL.

C. A. Aguirre-Salado¹, E. Vargas-Pérez², S. Terrazas-Domínguez².

¹Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

²División de Ciencias Forestales, Departamento de Ingeniería Forestal.

Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. Tel 01(595)95 2 15 00 ext. 5381

RESUMEN

Se generó una propuesta metodológica para el cálculo automatizado de la planimetría en los programas de manejo forestal, tomando como estudio de caso el programa del predio forestal Santa María Candelaria, Yautepec, Oaxaca. La metodología se basa en la utilización del software AutoCAD Map 2000, ortofotografías digitales, datos vectoriales de curvas de nivel y escurrimientos hidrológicos superficiales. La topología de polígono se creó a partir de las capas que contienen los límites del predio, rodales y subrodales. Asimismo, se crearon las topologías de red a partir de la capa de escurrimientos y caminos, respectivamente. Después, las capas se intersecaron con las capas de subrodales. Por último, se comparó la eficiencia en cuanto a precisión, tiempo y costo del método propuesto contra el método tradicional, y resultó más eficiente, el primero.

PALABRAS CLAVE: digitalización, topología, sobreposición, AutoCAD Map 2000, sistemas de información geográfica.

AUTOMATED CALCULATION OF THE MAPPING IN THE ELABORATION OF PROGRAMS OF FOREST HANDLING

SUMMARY

Forestry survey was created by monitor digitizing with AutoCAD Map 2000 for the community of Santa Maria Candelaria, Yautepec, Oaxaca. A digital orthophotograph named E15C81a.TIF, contours data named E15C81cn.dxf, and streams data named E15C81hl.dxf were placed as background to digitize geographic features. A polygon topology named TSBR was created from layers of LIMITE, RODALES, y SUBRODALES. By other way, network topologies named TAGUA y TCAMINO were created from stream and road layers, respectively. Furthermore, automatic and traditional methods were compared, concluding that automatic method is more accurate and more efficient, although not, more economic. Automatic method was more efficient.

KEY WORDS: digitizing, topology, overlay, AutoCAD Map 2000, geographical information systems.

INTRODUCCIÓN

En general, la información geográfica era dibujada, almacenada sobre papel de varias maneras y accesible mediante búsqueda manual. En los tiempos modernos, la tecnología sofisticada está modificando las tradiciones y las culturas. La mayor parte del mundo está experimentando una revolución social, científica y educacional, básicamente manejada por la tecnología. Las computadoras y sensores remotos (como satélites artificiales) son la maquinaria de las nuevas economías y culturas (Davis, 2001).

El campo de la cartografía no fue la excepción, en cuanto a los avances tecnológicos generados. Desde la aparición de la computadora, en gran medida se ha reducido el tiempo de operación, como los tediosos cálculos para el cambio de la proyección cartográfica de un mapa, el cálculo de pendientes sobre un área determinada o la producción masiva de mapas impresos, entre otros procesos (Navarro y Legorreta, 1998).

En la actualidad los sistemas de información geográfica (SIG), programas de manejo de bases de datos georeferenciados, se utilizan en todos los casos en los que la asociación de mapas y datos aumenta la

eficacia del análisis y la toma de decisiones (Llosa, 2001).

La eficiencia de los SIG, para el manejo y análisis de información geográfica, los hace de gran apoyo en la elaboración de los programas de manejo forestal, ya que tanto la información ecológica, como la dasométrica y silvícola deben representarse en mapas para respaldar el fundamento teórico que se plantea. Además, es necesario hacer de manera automática, una serie de cálculos planimétricos sobre las unidades de manejo forestal para estimar volúmenes totales y calcular de la longitud de escurrimientos y caminos forestales, para estimar la superficie a segregar, por unidad de manejo.

Los cálculos rutinarios que puedan ser programables, mediante una computadora, indudablemente se resuelven con una mayor eficiencia, respecto a la mente humana; porque la computadora no está atada a cambios en las emociones como ocurre con las personas, o al cansancio propio de una actividad tediosa y repetitiva. Por esto, la precisión que supone el uso de la computadora en los cálculos es, evidentemente, incomparable con la que se puede obtener mediante los métodos manuales tradicionales.

Existen programas especializados para realizar este tipo de procesos, por ejemplo: Idrisi, ArcView, ArcGIS, Erdas, AutoCAD Map, entre otros. Este último programa es bastante práctico y de fácil acceso, tanto para profesionales forestales, como para las instituciones encargadas de revisar y validar los programas de manejo forestal. En cambio, otros programas son de menor accesibilidad, debido a su costo, o presentan algunas limitantes en la realización de ciertas operaciones con archivos de formato diferente del nativo (GEOSOLUCION, 2001).

Por ello, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología de cálculo automatizado de la planimetría y generar una alternativa más eficiente en la elaboración de programas de manejo forestal, sobre todo en predios de gran superficie y una alta fragmentación del bosque.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente metodología (Figura 1) se desarrolló tomando como base la información que sustentó el Programa de Manejo Forestal de Santa María Candelaria, Yauatepec, Oaxaca.

Para digitalizar la división dasocrática a nivel de subrodal, se utilizó la ortofotografía digital E15C81a.TIF, los datos vectoriales de curvas de nivel E15C81cn.dxf y escurrimientos hidrológicos superficiales E15C81hl.dxf.

Calculo automatizado...

Todas estas capas de información se sobrepusieron en el archivo PRINCIPAL.DWG, usando AutoCAD Map 2000. Las capas generadas mediante la digitalización fueron: limite, rodales, subrodales y caminos. Posteriormente, se creó la topología de polígono TSBR, mediante la capa de limite, rodales y subrodales, y se calcularon automáticamente las áreas de cada subrodal.

En esta fase, AutoCAD Map asigna valores aleatorios a los centroides de cada subrodal, que, generalmente, no coinciden con la numeración deseada de los subrodales. Por esta razón para definir de los números finales de subrodal, dentro del archivo PRINCIPAL.DWG, se creó una nueva tabla llamada DASOCRA, en la que se le definió el campo SBR y como número default 00-000. Después, esta tabla se adjuntó a los centroides de cada subrodal, para luego definir a cada uno de ellos el número final de subrodal, con la siguiente sintaxis:

01-001
Rodal-Subrodal

Para la capa de escurrimientos, se creó la topología de red TAGUA, que después se sobrepuso con la topología TSBR, mediante el método de intersección, y se generó la topología de red OVERAGUA. Al realizar la sobreposición de las topologías TAGUA y TSBR, se cortaron los escurrimientos en los límites de cada subrodal y se recalculó la longitud de cada uno de ellos.

De la misma manera, para la capa de caminos se creó la topología de red TCAMINO, la cual se interceptó con la topología TSBR, y se generó la topología de red OVERCAMINO. Este procedimiento permitió que se recalculara la longitud de los segmentos resultantes que conforman los caminos dentro de cada subrodal.

Por medio de consultas a las topologías TSBR, OVERAGUA y OVERCAMINO se generaron los archivos de salida AREAS.TXT, AGUA.TXT y CAMINO.TXT, con los datos de áreas y longitudes de escurrimientos y caminos, por subrodal.

El archivo de texto AREAS.TXT se exportó al formato de la base de datos Dbase IV, mediante Microsoft Excel 2000, mientras que los otros dos archivos se manipularon mediante el proceso de *Informe de tablas y gráficos dinámicos*, para calcular automáticamente los subtotales de sumas de escurrimientos y caminos por subrodal, por lo que, finalmente, se exportaron al formato de Dbase IV.

Finalmente, se comparó este método automatizado contra el método tradicional, en el que se

usaron mapas impresos, planímetro para la medición de áreas y curvímetero para medir longitudes de caminos y escurrimientos. La comparación se realizó con base en los indicadores de precisión, tiempo y costo. Para el indicador de precisión, se evaluaron los parámetros: error causado por el pulso, error causado por la visibilidad, error causado por el ajuste del aparato, estabilidad de las mediciones y errores en la captura de la información. Para el indicador de tiempo, se analizaron las fases involucradas, desde la generación de la división dasocrática y el cálculo de áreas y longitudes, hasta la introducción de los cálculos a la base de datos y ediciones cartográficas posteriores. La medición del tiempo en cada proceso se realizó usando un cronómetro. Para hacer la comparación de costos de los métodos, únicamente se tomó en cuenta el costo inicial de los equipos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las capas vectoriales generadas a partir de la digitalización sobre la ortofotografía digital fueron: límite, rodal, subrodal y caminos, estas se desplegaron en el plano forestal fotogramétrico de la comunidad de Santa María Candelaria, Yautepec, Oaxaca (Figura 2).

Por otro lado, el procesamiento de las capas vectoriales límite, rodal y subrodal, por medio de la creación de la topología de polígono TSBR, en el cálculo automático de áreas por subrodal arrojó un total de área calculada en el predio de 2998.57 ha, distribuida en 107 subrodales.

Además, en cuanto al procesamiento de las topologías TSBR, TAGUA y TCAMINO, para el cálculo automático de longitudes de escurrimientos y caminos forestales, se determinó un total de 43.418 km de escurrimientos en 176 segmentos y 31.983 km de caminos forestales en 98 segmentos.

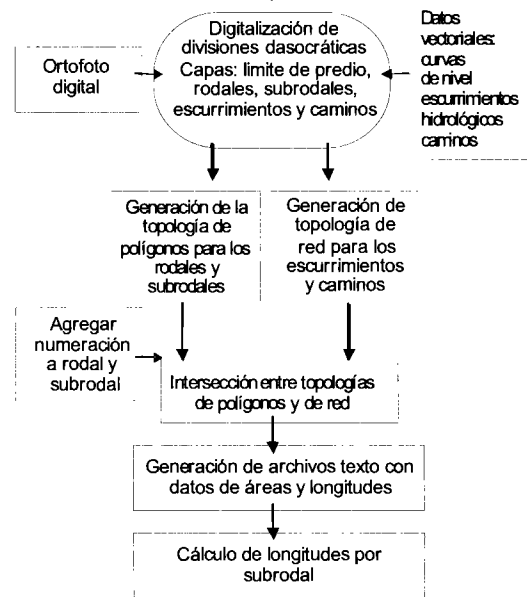
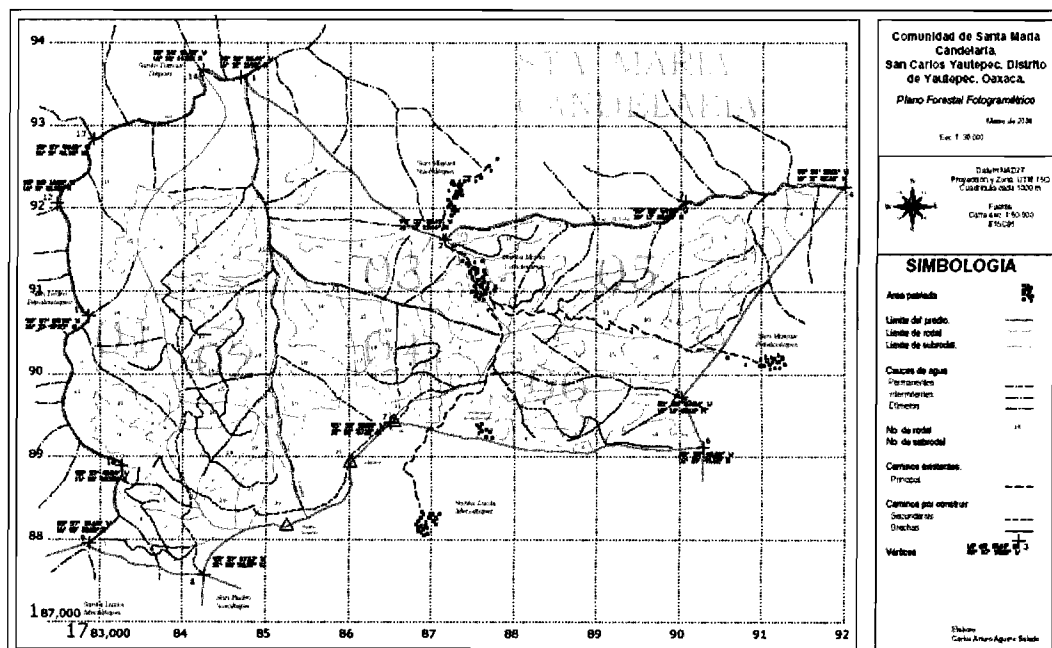


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología propuesta para el cálculo automatizado de la planimetría en programas de manejo forestal.

Figura 2. Plano forestal Fotogramétrico de la comunidad de Santa María Candelaria, Yautepec, Oaxaca.



CUADRO 1. Superficies, longitud de escurrimiento y caminos forestales por subrodal.

	Área (ha)	Cauces (m)	Caminos (m)		Área (ha)	Cauces (m)	Caminos (m)		Área (Ha)	Cauces (M)	Caminos (M)
01-001	26.92	0	754.8	02-021	23.69	0	710.2	05-002	21.76	1044.5	0
01-002	25.75	352.5	1146.8	02-022	29.57	205.1	728	05-003	16.29	239.7	0
01-003	20.74	185.2	565.2	02-023	15.42	690.5	0	05-004	18.48	0	0
01-004	19.69	323.1	353.5	02-024	46.48	1325.9	0	05-005	227.5	2492.5	932.1
01-005	20.67	359.4	874.7	02-025	21.71	395.4	0	05-006	21.1	0	0
01-006	3.04	209.1	0	03-001	12.21	244.1	407.3	05-007	20.54	0	0
01-007	29.3	385.1	957.8	03-002	8.36	92.9	0	05-008	48.71	1005.3	0
01-008	10.5	165.5	0	03-003	16.87	107.7	0	05-009	10.37	0	0
01-009	33.62	0	0	03-004	80.77	2556.5	73.4	05-010	45.5	436	1290.9
01-010	22.64	0	0	03-005	20.01	0	226.1	05-011	17.78	0	495.9
01-011	56.18	1812.6	0	03-006	33.33	43.8	0	05-012	16.49	729.8	218.4
01-012	33.57	182	642.5	03-007	158.7	3197.7	0	05-013	21.95	0	998.8
01-013	18.74	182	0	03-008	19.33	271.5	0	05-014	21.02	2987.2	950
01-014	59.53	673.5	0	03-009	7.03	0	329.7	05-015	3.23	0	0
01-015	20.59	0	0	04-001	12.29	66.3	222.5	05-016	26.96	0	1306.3
01-016	215.4	3753.9	0	04-002	8.12	250.6	0	05-017	3.59	0	0
02-001	109	2955.5	0	04-003	3.94	0	0	05-018	9.2	0	392.8
02-002	15.28	0	0	04-004	12.14	0	364	06-001	8.12	0	0
02-003	21.46	0	0	04-005	8.66	0	320.4	06-002	48.02	0	1198.6
02-004	27.31	0	0	04-006	13.62	208.4	145.9	06-003	7.74	0	0
02-005	22.47	0	0	04-007	10.35	0	823.1	06-004	10.54	0	103.4
02-006	25.38	0	0	04-008	23.17	303.6	1046.5	06-005	16.77	299.3	545.2
02-007	8.66	0	172.7	04-009	16.81	468.3	160.1	06-006	2.76	0	0
02-008	10.49	21.8	0	04-010	11.1	521.7	0	06-007	14.64	0	281.9
02-009	15.9	547.9	0	04-011	5.73	0	166.5	06-008	13.33	0	544.7
02-010	28.63	199.5	810.2	04-012	17.22	0	273.8	06-009	1.42	0	90.9
02-011	16.14	0	365	04-013	3.67	0	0	06-010	12.39	0	214.6
02-012	11.19	199.5	296.4	04-014	6.22	0	0	06-011	36.5	882.4	1054.1
02-013	4.1	0	0	04-015	20.05	0	0	06-012	8.99	0	0
02-014	29.84	343.3	1021	04-016	29.97	280.2	0	06-013	10.66	172.2	115.1
02-015	17.69	343.3	500.7	04-017	31.92	0	0	06-014	36.98	1534.3	0
02-016	21.35	58.5	1166.9	04-018	70.49	2142.2	0	06-015	49.31	277.5	0
02-017	36.88	428.6	1283.7	04-019	20.12	0	0	06-016	28.36	0	113.2
02-018	23.2	487.1	508.2	04-020	115.4	771.7	1653.2				
02-019	16.74	0	213	04-021	10.52	494.9	0	06-017	56.9	1662.2	524.1
02-020	22.71	0	518.2	05-001	5.94	280	0	06-018	32.52	69.8	810.4
								107	2999	43418.7	31983.3

En la elaboración de los programas de manejo forestal, los datos del Cuadro 1, se utilizaron para estimar la superficie por tipo de uso de suelo y las existencias totales de madera (m^3 por subrodal). Por otro lado, las longitudes de escurrimientos y caminos forestales, se utilizan para el cálculo de la superficie neta de manejo por subrodal.

En cuanto a la comparación de los métodos, en los Cuadros 2, 3 y 4 se especifica la calificación para los indicadores de precisión, tiempo, costo y sus respectivos parámetros evaluados.

CUADRO 2. Comparación en precisión del método automatizado contra el método tradicional para el cálculo de la planimetría.

Concepto	Método automatizado	Método tradicional
Error causado por el pulso	Nulo	Medio
Error causado por la visibilidad	Nulo	Medio
Error causado por el ajuste del aparato	Nulo	Medio
Estabilidad en las mediciones	Completa	Baja
Posibilidad de error en la captura de las mediciones	Nula	Alta

En el método automatizado los errores que se ocasionan debido a problemas de pulso, visibilidad, ajuste del aparato (planímetro) y captura de las mediciones se consideran nulos; en cambio, en el método tradicional, estos errores se calificaron, además de la estabilidad de las mediciones. Por lo que se desprende que es más preciso el cálculo de la planimetría con el método automatizado.

De acuerdo con el Cuadro 2, existen diferencias en la precisión que se obtiene con los dos métodos. Cabe señalar que si aumenta el número de subrodas y longitudes a medir, se disminuirá significativamente la precisión del cálculo en el método tradicional; mientras que en el método automatizado, la precisión no se verá afectada.

CUADRO 3. Comparación en tiempo del método automatizado contra el método tradicional para el cálculo de la planimetría y elaboración de cartografía digital.

Método automatizado.		Método tradicional.	
Fase.	Tiempo (hr:min).	Fase.	Tiempo (hr:min).
Digitalización semiautomática	16:00	Uso del planímetro	12:00
Creación de la topología de polígonos	00:30		
Definición del número final de subrodal	00:45	Medición de escurrimientos y caminos forestales por subroga	05:00
Creación de las topologías de red	00:10		
Sobreposición de topologías de red y polígonos	00:30	Captura de datos en la computadora	02:00
Generación de los archivos de salida	00:30	Calcado del dibujo sobre un papel albanene en limpio y elaboración de leyendas	06:00
Elaboración del mapa base, y edición para impresión	01:30		45:00
Totales	19:55		

Con base en el Cuadro 3, existen diferencias importantes de tiempo entre los dos métodos. Cabe señalar que si el número de subrodas y longitudes a medir aumenta, se acrecentará significativamente el tiempo de cálculo en el método tradicional, en todas las

fases. Mientras que en el método automatizado sólo aumentará el tiempo en la fase de digitalización y en las otras fases, cambiará en mínima parte.

CUADRO 4. Comparación en costo del método automatizado contra el método tradicional para el cálculo de la planimetría.

Concepto.	Método automatizado	Método tradicional
Equipo de cómputo	\$ 5000.00	\$ 5,000.00
Equipo receptor GPS	2500.00	2,500.00
Sistema Operativo Windows 98	1500.00	1,500.00
Microsoft Office 2000	1500.00	1,500.00
AutoCAD Map 2000	40000.00	0.00
Ortofotografía digital	1750.00	0.00
Datos vectoriales	2000.00	0.00
Planímetro	\$0.00	2,500.00
Carta topográfica	\$0.00	110.00
Escala 1:50000		
Lápices y colores	0.00	100.00
Regla de 30 cm	0.00	10.00
Totales	54 250.00	13 220.00

Considerando los datos que muestra el Cuadro 4, el costo de la licencia de AutoCAD Map 2000 eleva de manera importante los costos. Sin embargo, aclara que los costos pueden amortizarse.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados, se concluye que la metodología expuesta en este trabajo es útil para el cálculo automatizado de la planimetría de los programas de manejo forestal. De esta manera, se reduce en gran medida el tiempo que llevaría hacer estos mismos cálculos de forma manual. Cabe resaltar que entre más aumente la superficie bajo estudio en el programa de manejo forestal, habrá mayor eficiencia en el cálculo.

La precisión en los procesos de elaboración de mapas y en las operaciones de superficie y longitudes, es mayor al usar métodos computacionales que usar métodos tradicionales.

El manejo de archivos digitales en la cartografía reduce, de manera considerable, los costos de almacenamiento de mapas; además, siempre están disponibles para cualquier edición o impresión.

Se debe restringir el uso de los métodos tradicionales en el cálculo de superficies y longitudes de escurrimientos y caminos por subrodal, sobre todo en predios forestales de gran superficie y un complejo fraccionamiento del bosque, con el propósito de evitar el

trabajo que, además de rutinario y cansado, es impreciso.

Es recomendable realizar estudios comparativos de factibilidad para elaborar cartografía digital, entre otras plataformas de sistemas de información geográfica y evaluar costos y tiempo para amortizar la inversión.

Para el manejo de grandes cantidades de archivos, se propone mantener un adecuado orden de directorios, y jerarquizarlos por temática o importancia, ya que, en el caso del trabajo con los sistemas de información geográfica, con frecuencia se cae en la generación excesiva de archivos que pueden originar pérdidas en la productividad.

El archivo de la ortofotografía se debe ubicar en el directorio de trabajo, ya que AutoCAD es una potente herramienta para crear y editar archivos vectoriales, no está facultado para guardar físicamente el archivo raster dentro del archivo *.DWG (sólo guarda el vínculo). Esto implica que cuando se tiene la necesidad de emigrar de

una computadora a otra, se lleve consigo los archivos del directorio completo para un óptimo desarrollo.

Para evitar posibles errores dentro del cálculo automático de áreas por subrodal, se recomienda utilizar de manera correcta la herramienta OSNAP.

LITERATURA CITADA

- DAVIS, B. E. 2001. GIS: A visual approach. 2nd ed. On Word Press. Canadá. 438 p.
- LLOSA, J. 2001. El uso de los sistemas de información geográfica en proyectos de desarrollo. Boletín 1. Avances en los proyectos. Bogotá, Colombia. 5 p.
- NAVARRO P., M. del C; LEGORRETA P., G. 1998. Sistemas de información geográfica. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 163 p.
- GEOSOLUCION. 2001. AutoCAD Map 2000. Versión 4. Entrenamiento Técnico. Madrid, España. 246 p.