



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICOS
APLICADOS A LA AGRO-INDUSTRIA**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN JACOBO ROSALES ROSSI
PREVIO A OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, JULIO DE 1,996.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

28
T (3755)
C. 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICOS
APLICADOS A LA AGRO-INDUSTRIA,**

tema que me fuera asignado por la coordinación de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería.


JUAN JACOBO ROSALES ROSSI

GUATEMALA, JULIO DE 1,996.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL 1ero.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2do.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3ro.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4to.	Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL 5to.	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alfredo Azurdia Morales
EXAMINADOR	Ing. Carlos Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Hoswald Blanco
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, mayo 16, 1996

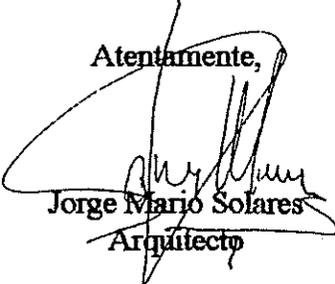
Señor Ingeniero
Calixto Monzón
Director de Ingeniería en Sistemas
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por este medio, me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de tesis titulado **Sistemas de Información Geográficos aplicados a la Agro-Industria**, elaborado por el estudiante **Juan Jacobo Rosales Rossi**, y a mi juicio, la misma cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Por lo tanto, el autor de esta tesis y su asesor nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, me despido

Atentamente,



Jorge Mario Solares
Arquitecto

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,
20 de junio de 1,996

Ingeniero
Julio Ismael González Podszueck
Decano
Facultad de Ingeniería,

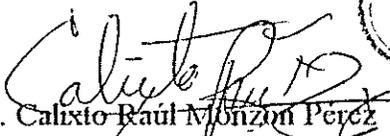
Señor Decano:

Me dirijo a usted para informarle que después de conocer el dictamen del Asesor del trabajo de tesis del estudiante JUAN JACOBO ROSALES ROSSI, titulado SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICOS APLICADOS A LA AGRO-INDUSTRIA, procedo a la autorización del mismo.

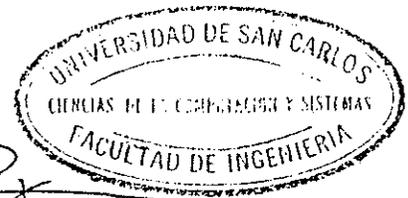
Sin otro particular, me suscribo con las muestras de mi consideración y estima,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Calixto Raúl Monzón Pérez
COORDINADOR

INGENIERIA EN CIENCIAS Y SISTEMAS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la autorización por parte del Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Ing. Calixto Monzón Pérez, al trabajo de tesis titulado: **SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICOS APLICADOS A LA AGRO-INDUSTRIA**, del estudiante **Juan Jacobo Rosales Rossi**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, julio de 1,996

ESTA TESIS SE LA DEDICO A:

- **Dios:** por sus bendiciones y su fidelidad.
- **Mis padres:** por su constante apoyo y sacrificio.
- **Mis hermanos:** Samuel, Carlos, Francisco y Raquel, por su cariño y apoyo.
- **Mi abuelita:** Por sus consejos y su empeño de servirme.
- **Comunidad San Pablo:** Por su apoyo genuino y espiritual.

AGRADECIMIENTOS A:

- Jorge Solares: Por la asesoría brindada.
- Carlos Martínez Búcaro: Por el continuo apoyo en la realización de esta tesis.

Tabla de contenido

Glosario de términos	III
Introducción	V
1. Sistemas de información geográfica	1
1.1 Advertencia	1
1.2 Definición de un sistema de información geográfico	1
1.3 Tecnologías alternas al SIG	2
1.3.1 Procesamiento de imágenes y gráficos computarizados	2
1.3.2 Sistemas manejadores de bases de datos	2
1.3.3 Sensores remotos	2
1.4 Ventajas de la implementación de los SIG	3
2. Sistemas posicionales globales (GPS)	5
2.1 Advertencia	5
3. Selección e Implementación de SIG	8
3.1 Pasos para seleccionar e instalar SIG	8
3.1.1 Fase I - Planeación	8
3.1.2 Fase II - Análisis	9
3.1.3 Fase III - Implementación	10
3.2 Factores importantes al seleccionar un sistema SIG	12
3.3 Perfil del personal para manejo y administración de SIG	14
3.3.1 Gerente de SIG	14
3.3.2 Encargado de la base de datos SIG	14
3.3.3 Cartógrafo	15
3.3.4 Manejador del sistema	15
3.3.5 Programador	15
4. Caso práctico	16
4.1 Investigación inicial	16
4.1.1 Análisis y diseño	16
4.2 Trabajo de campo (GPS)	16
4.2.1 Planeamiento	17
4.2.1.1 Determinación de las mejores horas de recepción de señal de los satélites para medición de puntos en la Tierra	17
4.2.1.2 Determinación de los puntos o mojones donde se van a georeferenciar las localidades de forma única por medio de GPS	19
4.2.1.3 Facilitamiento de guías de campo	19
4.2.2 Ejecución de medidas en el campo	19
4.3 Trabajo de gabinete	19
4.3.1 Corrección diferencial	20

4.3.2	Conversión de archivos	20
4.3.3	Creación de polígono	20
4.3.4	Digitalización	21
4.3.5	Depuración características digitalizadas	25
4.3.6	Georeferenciación de polígono hecho en AutoCad	25
4.4	Integración GIS/GPS/CAD	25
4.4.1	Creación topología	25
4.4.2	Identificación de cada una de las características (ríos, poblados, carreteras, curvas de nivel)	26
4.4.3	Relación con información almacenada en Bases de datos relacionales	29
4.5	Análisis de la información y presentación de resultados	30
4.5.1	Zonas de amortiguamiento	30
4.5.2	Presentación de cobertura con información asociada	34
4.5.3	Presentación de características por medio de un patrón de búsqueda	35
4.5.4	Introducción de gráficos en la presentación de mapas	38
5. Tendencias y aplicaciones de SIG hacia la Agro-industria		39
6. Medición del impacto		40
7. Conclusiones		41
8. Recomendaciones		41
9 Anexos		42
9.1	Sistema de coordenadas para una base de datos con múltiples coberturas	42
10. Bibliografía		44

Glosario de Términos

Arco. Una línea continua que se compone de pareja de puntos de coordenadas x,y que comienza en una localidad y termina en otra localidad. La línea contiene longitud, pero, no tiene área. Una característica de línea puede contener varios arcos. Los arcos pueden unirse topológicamente en sus puntos finales.

Area. Una figura cerrada (polígono) rodeado por uno o más arcos que encierran un área homogénea. Ejemplos de características de áreas son estados, condados, lagos y áreas de uso actual de la tierra.

Atributo. Descripción de una característica de un mapa descrito por números o caracteres, almacenados en forma tabular y encadenado por un identificador asignado por el usuario.

Base de datos geográfica. Una colección de información espacial organizada para almacenamiento y procesamiento eficiente.

CAD. Computer Aided Design. Un sistema automatizado para el diseño y presentación de información en forma gráfica.

Canal. Un canal de un receptor GPS que consiste de la circuitería necesaria para afinar la recepción de señal de satélite GPS.

Conectividad. Identificación topológica que encadena un conjunto de arcos a un nodo.

Contiguidad. Identificación topológica de polígonos adyacentes almacenando los polígonos del lado derecho e izquierdo para cada arco.

Coordenada. Una localidad x,y en un sistema de coordenadas Cartesianas o un sistema de coordenadas tri-dimensionales x,y,z . Las coordenadas son usadas para representar localidades en la superficie de la Tierra relativas a otras localidades. Coordenadas planas describen una localidad de un sistema de dos dimensiones x,y en términos de distancia desde un punto de referencia.

Cobertura. Un conjunto de información que es considerada como unidad. Una cobertura representa un tema o capa, como lo son los suelos, caminos y uso de la tierra.

Base de datos. Colección lógica de archivos manejados como una unidad.

Digitalizador. Un dispositivo que consiste en una tabla y un cursor que se usa para almacenar las localidades de las características de un mapa en coordenadas Cartesianas x,y .

Digitalizar. El proceso de usar un digitalizador y automatizar las localidades de las características geográficas convirtiendo su posición en una serie de coordenadas Cartesianas x,y y almacenando éstas en archivos de computadoras.

Información espacial. Información acerca de la localidad, forma y relación dentro de las características geográficas, usualmente almacenado como coordenadas y topología.

Información geográfica. Localidades y descripciones de características geográficas.

Nodo. Las localidades de inicio y finalización de un arco.

Polígono. Un área de cierta característica de una cobertura definida por una serie de arcos que definen sus límites. Un polígono contiene un punto (etiqueta) y tiene atributos que describen su característica geográfica que representa.

Proyección. Modelo matemático que transforma las localidades de las características sobre la superficie de la Tierra a localidades de superficie en dos dimensiones. Algunas proyecciones de mapas preservan la integridad de la forma; otros preservan exactitud de área, distancia o dirección.

Punto. Una coordenada x,y que representa una característica geográfica muy pequeña para ser desplegada como una línea o un área.

SIG. Sistema de Información Geográfico. Una colección de equipos y programas de computadora, información geográfica y personal diseñado para capturar, almacenar, modificar, manipular, analizar y desplegar todas las formas de información geográfica referenciada.

Tic. Puntos de control geográficos o registro de localidades conocidas sobre la superficie terrestre para manipulación y definición de una cobertura.

Topología. Las relaciones espaciales que se conectan o son adyacentes las características de coberturas (ej.: arcos, nodos, polígonos y puntos). Las relaciones topológicas están construidas sobre elementos simples hacia elementos compuestos: puntos (elementos más simples) arcos (conjunto de puntos conectados) y áreas (conjunto de arcos conectados).

Introducción

Nosotros vivimos en un mundo que es, básicamente, espacial en naturaleza; constantemente estamos manejando interacciones espaciales complejas que forman parte de nuestras vidas, diariamente. Para movernos de un lugar a otro, nos basamos en la dirección del lugar destino. Aparte de la localidad exacta, hay otras características que debemos tomar en cuenta, como lo son: distancia, dirección y adyacencia.

La forma simple para orientarnos respecto de un lugar a otro, por ejemplo: una ciudad o un estado, ha sido el mapa. En el mapa podemos visualizar elementos como curvas de nivel, carreteras (camino, veredas, asfaltado, balastrado) ríos, poblados, lagos, calles, etc. Para llegar a un lugar destino, observamos en donde estamos y qué carretera o río debemos tomar para llegar a nuestro lugar destino.

En las dos pasadas décadas surgieron los sistemas que manejan los datos espaciales, que ahora son conocidos como: Sistemas de información geográfica (SIG), los cuales permiten al usuario llevar información de varios conjuntos de datos, dentro de uno compuesto, para propósitos de despliegue visual o de modelación analítica sin el proceso manual laborioso que se ha caracterizado en el análisis de los mapas.

Elementos de datos pueden ser almacenados en forma de mapa, son comúnmente referidos como datos espaciales y, cada uno, posee un atributo especial y posee única posición definida en la superficie de la Tierra. Esta posición o localidad va a contener latitud, longitud y altura. A lo largo del tiempo se ha incrementado el número de herramientas y técnicas con alta precisión que se ha ido desarrollando para permitirnos adquirir estas coordenadas con alto grado de exactitud.

Los sistemas de información geográficos (SIG) se apoyan en poderosas herramientas que sirven en la construcción de la base de datos como lo son los sistemas de posicionamiento global; esta tecnología apoyada por satélites, coloca coordenadas con una referencia geográfica única a un lugar seleccionado en el campo de trabajo, que puede ser en el campo o la ciudad. Y la otra tecnología en la cual se apoya SIG es el uso de fotografías aéreas.

Estas herramientas y técnicas de medición forman el fundamento para las disciplinas de geografía e inspección que son críticas para el almacenamiento de cualquier dato espacial. La colección de datos espaciales, la determinación de localidades dentro de un sistema de coordenadas estándar y el subsecuente almacenamiento y representación de los datos espaciales en mapas son funciones comunes en todas las sociedades modernas.

Lo más importante en SIG, es el poder en el análisis a partir de la información ingresada en el sistema. Se puede hacer análisis de varias coberturas (ríos, carreteras, pantes de fincas, poblados, rendimiento de caña por área) además de información numérica; el resultado va a ser, identificación de los lugares de manera gráfica las cuales cumplen con la condición ingresada de manera fácil para el usuario. Además, permite creación de reportes a partir de las condiciones de búsqueda.

1 Sistemas de Información Geográfica.

1.1 Advertencia.

Los elementos de datos almacenados en forma de mapa comúnmente referidos como datos espaciales, cada uno posee un atributo especial al tener única posición definida en la superficie de la Tierra. Los elementos de datos espaciales que están almacenados en mapas como puntos, líneas y áreas, son registrados en el sistema de coordenadas estándar (latitud, longitud y elevación con respecto al nivel del mar).

La información geográfica (curvas de nivel, carreteras, ríos, lagos, puentes, puntos de control, calles, etc.) es agrupada por un tipo de característica definida que, normalmente, se conoce como: coberturas. A cada una de las características definidas en cada cobertura, se asocia información (comercial, agrícola, etc.).

Con los adelantos tecnológicos en las computadoras, éstas tienen mayor capacidad de almacenamiento y mayor rapidez de procesamiento. Es posible crear reportes y consultas con la información geográfica y comercial, a la vez, en un ambiente amigable para el usuario. Con lo anteriormente dicho, SIG es una poderosa herramienta de toma de decisiones para el profesional agro-industrial, debido a que la información geográfica y agrícola está integrada y su forma de visualización. Es amigable para el usuario final.

1.2 Definición de un sistema de información geográfica.

Los sistemas de información, geográficos, comprenden software sofisticado de computadoras, pero, todos contienen los siguientes componentes principales:

- 1 un sistema de entrada de datos que colecta y/o procesa datos espaciales derivados de mapas existentes, sensores remotos, etc;
- 2 un sistema de almacenamiento y recuperación de datos que reorganiza los datos espaciales en una forma que permite su recuperación rápida por el usuario para análisis siguientes, también como modificaciones rápidas y exactas que vayan a ser hechas a las bases de datos espaciales;
- 3 un sistema de manipulación de datos y análisis que desarrolla una variedad de tareas tal como: cambiar la forma de datos a través de reglas de agregación definidas por el usuario o producir estimaciones de parámetros y restricciones para optimización de espacio-tiempo o modelos de simulación;
- 4 un sistema de reporte de datos que sea capaz de desplegar toda o parte de la base de datos también como manipulación de datos y la salida de modelos espaciales en forma de mapas o tabulares.

1.3 Tecnologías alternas al SIG

1.3.1 Procesamiento de imágenes y gráficos computarizados.

Los resultados, reportes y estado de un sistema de información geográfica dependen, en gran medida, de la rapidez o alta resolución de estaciones gráficas. Las gráficas computacionales y el procesamiento de imágenes, ha contribuido de modo significativo en la construcción de hardware sofisticado. Muchos de los algoritmos usados en gráficos computacionales y estructuras de datos usados en procesamiento de imágenes ha sido probado en manejo de datos espaciales. Adicionalmente, un número considerable de aplicaciones donde se aplican algoritmos y estructuras de datos para manejo de datos espaciales ha probado ser un área importante en gráficos computarizados.

1.3.2 Sistemas manejadores de bases de datos.

Los trabajos teóricos y prácticos en sistemas para manejar grandes volúmenes de datos ha ocupado mucha atención en investigadores de la ciencia de las computadoras. Las actuales tendencias es usar un sistema manejador de bases de datos para manejo de información y software especializado para almacenamiento, recuperación y manipulación de datos espaciales.

1.3.3 Sensores remotos.

Los sensores remotos son dispositivos de observación o recolección de información acerca de un blanco geográfico a cierta distancia de altura. Puede involucrar los satélites, fotografías aéreas. Una de las herramientas más simples puede ser la cámara. Adicionalmente de las fotografías normales, se usan las fotografías infrarrojas, los exploradores (scanners) multi espectro, el radar, ondas ultra sónicas.

Una percepción más realista es percibida y considera los sensores remotos de los satélites que proveen una herramienta a ser usada en conjunción con fuentes tradicionales de información, con fotografía aérea y observación terrestre, el perfeccionar el conocimiento y entendimiento de una gran variedad de problemas humanos, de ingeniería y ambientales.

Es conveniente el separar, primero, los materiales sensores remotos de acuerdo a su largo de onda de radiación electromagnética usada y, segundo, distinguir las técnicas sensoras activas y pasivas. En un sistema pasivo el instrumento sensor remoto recibe cualquier radiación que sucede y selecciona la radiación de un rango de largo de onda particular que requiere. En un sistema activo el instrumento mismo sensor remoto genera radiación, transmite la radiación a un blanco y extrae información de su señal de regreso.

La información de naves no tripuladas debe ser transmitida de regreso a la Tierra por transmisión vía radio del satélite a una estación terrena. Las señales de radio transmitidas son capaces de ser recibidas del satélite si éste está encima del horizonte de la estación terrena.

Otro de los aspectos de uso de satélites sensores remotos para propósitos de comunicación que es de relevancia particular a los científicos ambientalistas e ingenieros es que algunos satélites llevan sistemas de colección de información. Tales sistemas permiten coleccionar información de instrumentos situados en localidades inaccesibles en la superficie de la tierra o el mar.

Existen varias alternativas para almacenar y recuperar información de una estación de colección de información no tripulada tales como una boya o una estación de tiempo aislada; estas incluyen

- registradores de cinta con visitas ocasionales para cambiar las cintas;
- una cadena de radio a una estación receptora convenientemente situada en tierra;
- una cadena de radio vía satélite.

1.4 Ventajas de la implementación de los SIG.

Las ventajas que ofrece un Sistema de Información Geográfico utilizando herramientas como lo son las fotografías aéreas, Sistemas Posicionales Globales, son:

Información geográfica mejor organizada y asegurada para acceso de usuarios.

SIG es una base de datos computarizada con todos los datos de mapas. Idealmente, un grupo o persona es responsable del mantenimiento de la base de datos. El administrador de SIG es responsable de la seguridad, organización y acceso de los datos. Si esta persona está haciendo el papel, apropiadamente, la información está consistentemente disponible para todos los usuarios autorizados.

Confiabilidad en emisión de mapas.

SIG contiene un conjunto de datos de mapas. Esta base de datos puede ser usada para presentar numerosos mapas de diferentes escalas y mostrando distintos niveles de detalle. De hecho, SIG puede manejar mejor los detalles de mapas que en el pasado.

SIG puede producir mapas con diferentes combinaciones de información a cubrir una variedad de temas de mapeo. Esto significa que la información geográfica puede ser modificada rápidamente. Todos los mapas son derivados de la misma base de datos; la calidad de su contenido y presentación gráfica, hace de la información en SIG, ser más consistente.

Datos de mapas más fáciles de buscar, analizar y presentar.

Los usuarios de mapas, regularmente, tienen estas preguntas: ¿Qué está cercano?, ¿Qué está dentro del área?, ¿Qué áreas tienen las mismas características?.

SIG provee al investigador con poderosas herramientas automatizadas para contestar estas preguntas. Esto hace mucho más sencillo de analizar la información para estudios especiales y reportes.

SIG puede buscar rápidamente a través de la información de mapa, por medio de patrones con ciertas características, o inspeccionando relaciones espaciales dentro de características. Es más, datos gráficos y datos de atributos son encadenados.

SIG puede reducir grandemente el costo de mapas y reportes acondicionados. El usuario puede ir directamente de una pantalla de SIG de los resultados de un análisis a un mapa impreso, gráfica o reporte.

Productividad de empleados se incrementa.

SIG incrementa la productividad de empleados quienes colectan, manejan, analizan y distribuyen datos de tierras. Ellos están dispuestos a producir más porque pueden llevar a cabo estas tareas en menos tiempo.

Rapidez en toma de decisiones.

El SIG permite visualizar y analizar la información gráfica y tabularmente, lo que ofrece mayor criterio para decisiones científicas y analíticas.

2. Sistemas Posicionales Globales (GPS)

2.1 Advertencia.

GPS es un dispositivo manual que opera como un receptor que obtiene coordenadas geográficas en términos de latitud, longitud y altitud o UTM. Dichas coordenadas son transmitidas desde una constelación de 24 satélites que están constantemente orbitando sobre la tierra lo que permite obtener señal 24 horas al día. Esto quiere decir, que el usuario puede ubicarse en cualquier mojón de la finca y obtener la coordenada geográfica de ese punto en latitud/longitud o UTM en cuestión de 2-3 minutos (Figura 1) con alta precisión. Seguidamente, el usuario puede ubicar el resto de los esquineros de la finca y determinar el polígono completo y el área que comprende la misma al unir los diferentes mojones por medio de vectores. Este resultado puede ser fácilmente trasladado a algún software de ingeniería como AutoCAD o un Sistema de Información Geográfica (SIG) y generar planos y mapas, inmediatamente (Figura 2).

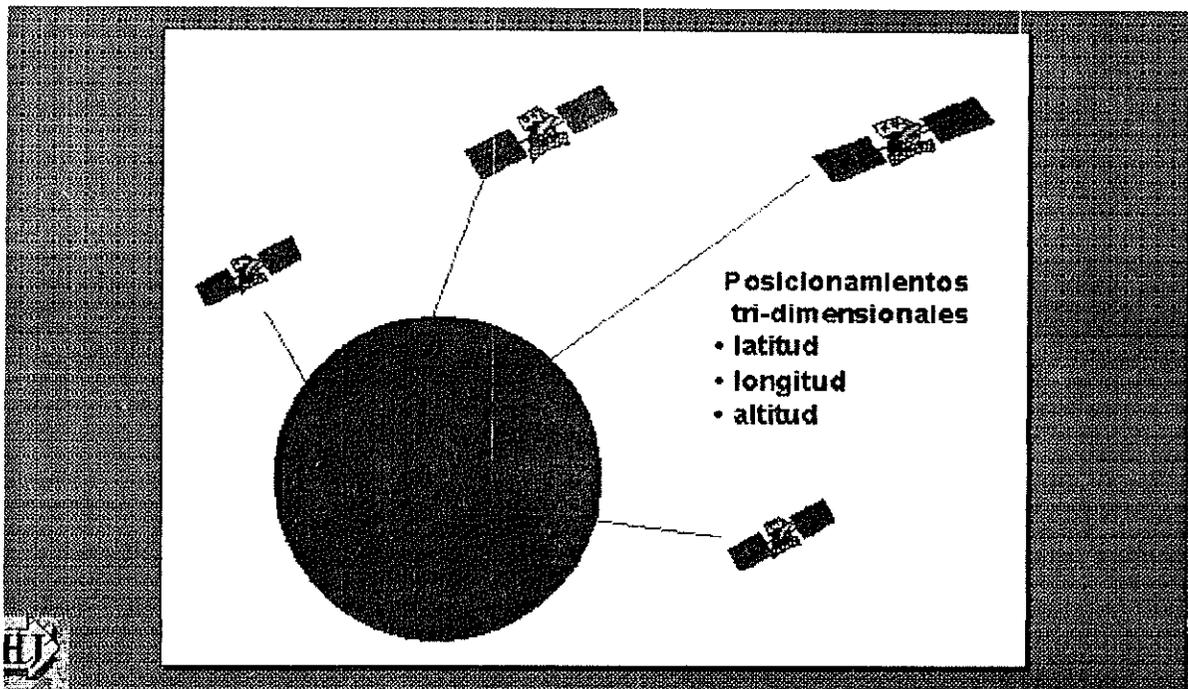


Figura 1. Representación de Satélites transmitiendo información de posiciones en cualquier parte del mundo, 24 horas al día y bajo cualquier condición (Carlos Martínez, 1,995).

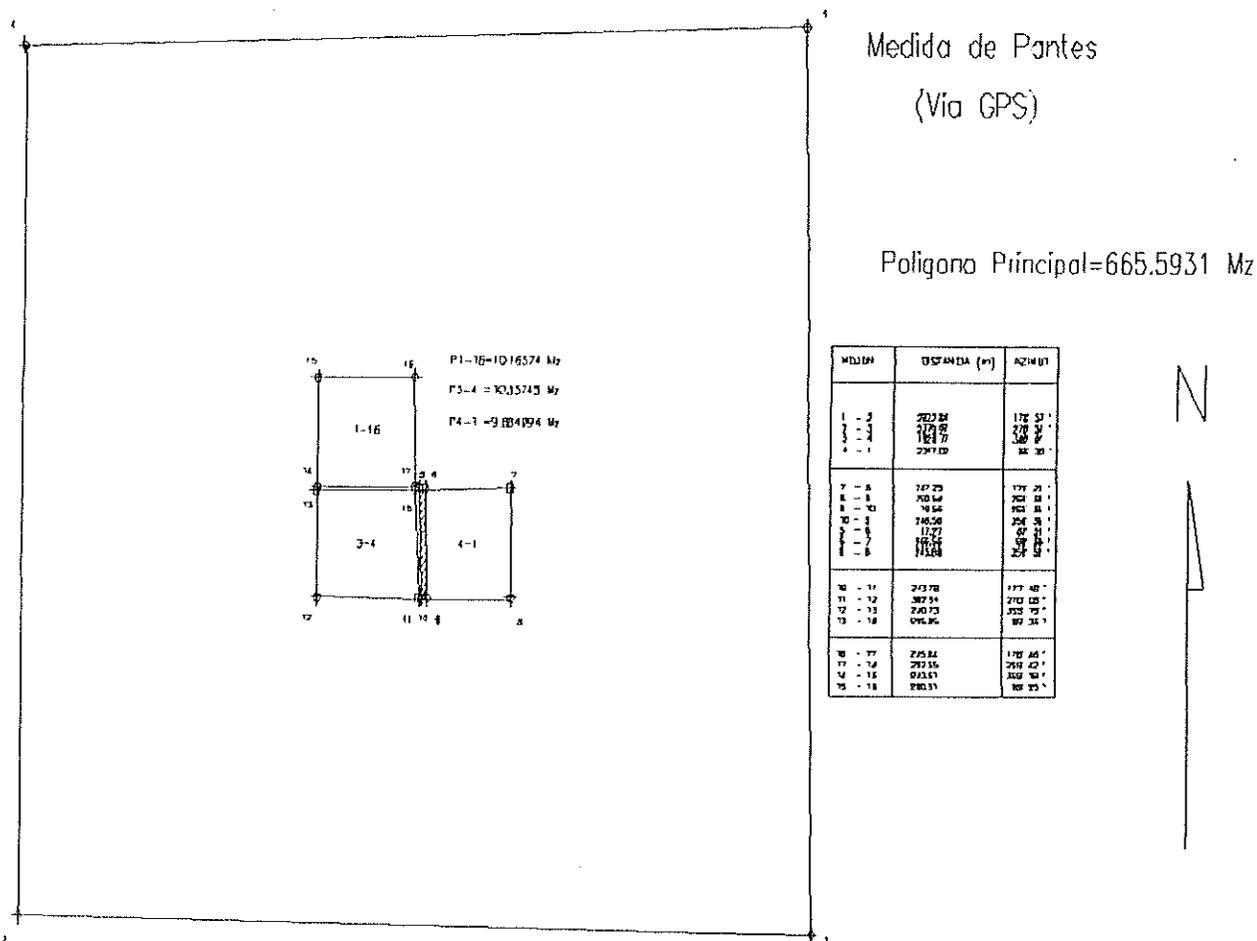


Figura 2. Representación de una finca y tres puentes medidos via GPS. Nótese los mojones y vectores interconectándolos. Esta es la fase inicial que permite georreferenciar las fincas, puentes, infraestructura, o cualquier otro elemento que se requiera mapear. (Carlos Martinez, 1,995)

El principio básico de GPS consiste en medir el tiempo que toma la señal de radio llegar al receptor GPS desde el satélite y, seguidamente, calcular la distancia desde ese tiempo. Las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz: 186,000 millas por segundo. Entonces, podemos darnos cuenta cuando el satélite GPS envió su mensaje de radio y cuando lo recibimos; podremos saber cuánto tiempo tomó alcanzarnos. Por lo tanto, multiplicamos el tiempo en segundos por 186,000 millas por segundo y ése es el alcance del satélite hacia nosotros. La fórmula que se usa es la siguiente:

$$d=v*t$$

donde d es la distancia, v la velocidad y t el tiempo (Figura 3).

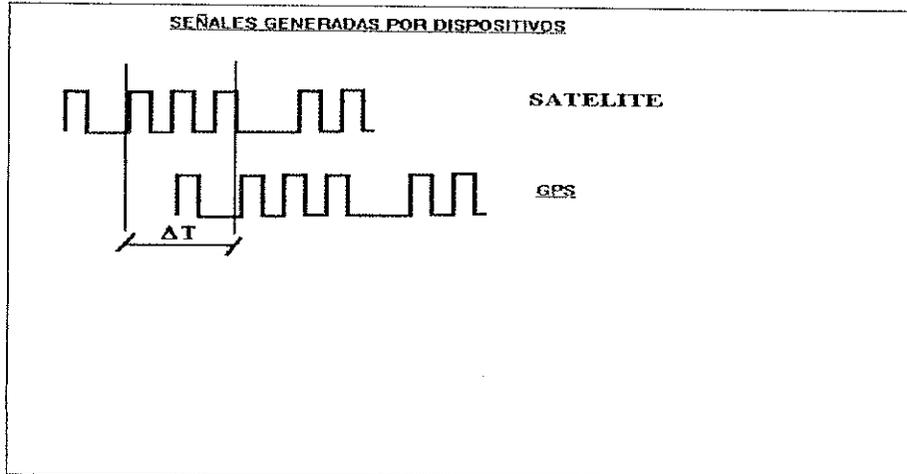


Figura No. 3: Visualización de generación de señales tanto de satélite como de GPS. Determinación de diferencia de generación de señales, se calcula el tiempo y con base en los dos cálculos hechos, previamente, se determina la distancia.

Debido a que el factor tiempo (t) es sumamente importante para la determinación de la distancia (d) se requiere del uso de relojes electrónicos de alta precisión. Por ejemplo, los satélites contienen relojes atómicos que ofrecen una precisión de hasta 0.000000001 de segundo. Al mismo tiempo, los receptores de GPS contienen relojes precisos (no atómicos, debido al precio) más computadoras que permiten realizar comparaciones para obtener buenos resultados para medir el tiempo (t).

Los GPS y los receptores generan un complicado conjunto de códigos en forma digital. La manera de comparar las señales de satélite y del receptor, es sincronizar ambos relojes, de tal manera que generen el mismo código al mismo tiempo. Quiere decir, existe una recepción de señal del satélite y revisar con el código generado por el receptor GPS hacia atrás y ver cuánto tiempo antes se generó el mismo código. De cualquier forma, los códigos son tan complicados que parecen como una larga línea de pulsos generados al azar.

3. Selección e Implementación de SIG.

El proceso de seleccionar un SIG va a depender de las necesidades del cliente. Para el buen funcionamiento de un SIG dentro de una empresa o proyecto, se debe proceder a recabar información del cliente como lo son sus procedimientos y el medio en el que se encuentra su información y a partir de ahí se diseña la base de datos. Seguidamente, se revisan los distintos productos de SIG que existen en el mercado y que ofrezca el producto portabilidad a otras plataformas (computadores personales, sistemas multiusuario y redes) que sea amigable al usuario, interconectividad con bases de datos relacionales y buen soporte por parte del proveedor. Después, se procede a alimentar la información con equipo adecuado (mesas digitalizadoras, computadores, impresoras especiales y dispositivos de lectura de mapas) al SIG con personal calificado para que el proyecto sea un éxito.

3.1 Pasos para seleccionar e instalar SIG.

3.1.1 Fase I - Planeación.

En esta fase se justifica la introducción de esta tecnología a los gerentes encargados de acuerdo con el manejo de su información geográfica y la necesidad de tomar decisiones de acuerdo a ellas.

a) Desarrollar un plan.

Para planear el proceso de justificación, evaluación, selección e implementación de SIG. El plan puede seguir los pasos que se enumeren y describan a continuación, pero, además, debe tener asignación de responsabilidades por acción, tabla de tiempos y un presupuesto.

b) Aprobación de estudio.

Este es el momento para integrar a la gerencia, si ésta todavía no está integrada. El soporte de la gerencia es crítico para el éxito de un programa SIG. El que toma las decisiones de la gerencia debiera estar informado del plan y aprobarlo.

c) Educación a los gerentes.

Es importante que el proceso de estudio de SIG integre a los gerentes de aquellos departamentos que, eventualmente, usarán el sistema. La mejor forma de obtener este soporte es a través de educación, que puede tomar la forma de un seminario tecnológico de medio día. Este seminario debiera darles una vista de la tecnología SIG, aplicaciones, costos, beneficios y fallas.

d) Revisión de operaciones existentes y necesidades.

El paso siguiente es mirar cómo la organización está usando su información geográfica actualmente, incluyendo colección, análisis, almacenamiento, presentación y distribución de la información. El término información geográfica no se refiere únicamente a mapas, también a información relacionada como lista de impuestos, tarjetas de información de servicios, reportes policíacos. Esta revisión debiera examinar las operaciones de los potenciales usuarios de SIG.

Este proceso debiera incluir una revisión de la misión y la organización de cada departamento; como colecta, usa, analiza y distribuye la información geográfica; también como las necesidades y problemas al usar esta información. Los resultados debieran estar documentados por escrito y los departamentos mencionados en este reporte pueden tener la oportunidad de revisar y comentar el documento.

3.1.2 Fase II - Análisis.

En la fase de análisis se procede a revisar, detalladamente, qué funciones existen en las áreas donde se va a implementar el SIG. Después, se procede a verificar el medio donde se encuentra la fuente de información. Al finalizar esta fase, se procede a la presentación de informe al gerente encargado para aprobación del mismo y proceder con un proyecto piloto.

a) Análisis y sugerencias.

El siguiente paso es analizar la información recolectada y examinar la factibilidad de implantación de SIG. Este análisis también debe estar documentado en formato de reporte. Este reporte debiera describir los potenciales usos de SIG. Este debiera presentar un plan detallado, calendarización y presupuesto para la implementación de SIG en hardware y en software y la conversión de datos a formato SIG. También deben señalarse los beneficios esperados de SIG, tanto cuantitativos como cualitativos y presentación de un análisis costo-beneficio.

Este reporte debe contener una descripción esquemática del contenido de la base de datos SIG y describir las fuentes de la información. También debe presentar una configuración esquemática para el hardware de SIG y una descripción general de las funciones de software de SIG que sean requeridas. Nuevas posiciones del nuevo equipo de trabajo debe estar enumerado, adecuadamente, como el entrenamiento al usuario y programas de soporte.

b) Obtener plan para realización de proyecto piloto.

El reporte de operaciones existentes y el análisis son presentados a la gerencia para revisión. Si la gerencia aprueba un proyecto piloto, es comprometerse a un gran gasto. Sin embargo, debe ser del conocimiento que existirá otra oportunidad para decidir la implementación total del sistema, después de completar el proyecto piloto.

3.1.3 Fase III - Implementación.

La implementación del proyecto es la introducción de SIG, comenzando por la definición y refinamiento de la base de datos, conversión de información existente para la alimentación de ésta en la base de datos geográfica y mantenimiento de la misma. Esta fase incluye el entrenamiento a los usuarios.

a) Diseño detallado de la base de datos.

Una vez que el vendedor de hardware y software ha sido seleccionado, es posible refinar el diseño esquemático de la base de datos en un diseño detallado para el sistema del vendedor.

El diseño detallado de la base de datos integra la definición de cómo los gráficos serán simbolizados (ej.: color, peso, tamaño, símbolos, etc.), cómo los archivos de gráficas estarán estructurados, cómo los archivos de atributos no gráficos estarán estructurados, cómo los archivos de directorios estarán organizados, cómo los archivos serán llamados, cómo el área del proyecto será sub dividido geográficamente, cómo los productos de SIG serán presentados (ej.: los recubrimientos en hojas de mapa, reporte de formatos, etc.) y qué restricciones de seguridad será impuesta en el acceso de los archivos.

El resultado es una especificación detallada que gobernará la creación de la base de datos.

b) Conducción de proyecto piloto.

Un proyecto piloto integra la construcción de una base de datos SIG para una pequeña representativa porción del proyecto. Los propósitos del proyecto piloto son probar el diseño detallado de la base de datos y las estimaciones de costo para la conversión de información. La gerencia debe revisar los resultados del proyecto piloto y poner al día el análisis costo-beneficio, entonces, hacer una decisión final acerca de la implementación de SIG. Esta es la última oportunidad para aprobar, cancelar o demorar el proyecto de SIG antes de que existan otros gastos.

c) Refinamiento del diseño de la base de datos.

La creación de la base de datos digital, usualmente, representa la porción más grande de toda la inversión de SIG. Entonces, es oportuno tomar cada oportunidad para afinar el diseño de la base de datos antes de emprender la conversión de todo el proyecto.

Los cambios en el diseño de la base de datos pueden ser hechos aún después que la información ha sido convertida; de todos modos, es menos caro construir la base de datos, correctamente, las primeras veces que editar la información algún tiempo después.

d) Conversión de la base de datos.

Seguidamente, la primera fase del proceso de conversión de la base de datos es un esfuerzo grande, el coleccionar, coordinar y limpiar la información antes que sea convertida a un formato digital. Esto es porque pocas organizaciones tienen todos los mapas manuales existentes y archivos totalmente completos y totalmente al día. Entonces, el primer paso es la conversión de la información, conseguir todos los registros manuales, revisarlos por completo, coleccionar la información no existente y corregir la información que cause conflicto.

Cuando la información ha sido recopilada y todos los registros fuentes están completos, la información de mapas es digitalizada y la información de atributos es ingresada y atada a la información gráfica.

e) Adquisición de hardware y software SIG.

Si la conversión de la base de datos está hecha dentro de casa, obviamente, al menos, parte del sistema debe ser comprado e instalado y los usuarios entrenados antes del trabajo pueden comenzar. Si un contratista hizo la conversión de información, la adquisición de hardware y software SIG puede ser demorado, pero, debe ser instalado y colocado antes de que la conversión de la información esté finalizada.

f) Entrenamiento de usuarios.

SIG es una nueva tecnología y representa una forma diferente de conducir los negocios para la mayoría de empleados en organizaciones en donde se use. Para muchos, será la primera vez que ellos han sido requeridos para usar un sistema de computación para lo básico del día.

Otros pueden estar familiarizados con comandos de computadoras e instrucciones de teclado, pero, puede que no estén familiarizados con conceptos computarizados de mapeo. Ellos pueden saber cómo encontrar información en mapas existentes, pero, no estén familiarizados con sistemas de coordenadas cartesianas, recubrimientos de mapas y conceptos de exactitud de mapas. Ellos estarán no familiarizados con las poderosas herramientas para búsquedas (queries) de análisis espaciales que SIG ofrece.

De todos modos, el último beneficio y efectividad de SIG depende, en gran parte, de la habilidad de los usuarios para usar el sistema. Para estas razones, un programa de entrenamiento para todo el personal que esté usando el sistema SIG es importante. Es más, el entrenamiento debe estar completado en tiempo para los usuarios que tomen el mantenimiento de la base de datos, siguiendo la conversión de información.

g) Mantenimiento de la información.

Porque el mundo físico está constantemente cambiando, la base de datos de SIG debe estar al día para reflejar estos cambios.

Usualmente, el esfuerzo requerido para mantener la base de datos es una fracción de lo requerido para crearla. Este trabajo de mantenimiento es usualmente asignado a personal opuesto como a un contratista. El proceso entero debiera ser planificado cuidadosamente por adelantado. El equipo y personal debe estar listo para tomar el mantenimiento de la base de datos cuando el esfuerzo de conversión de información está completado.

El mantenimiento de la base de datos requiere dos esfuerzos de soporte: entrenamiento al usuario y soporte al usuario. El entrenamiento al usuario es necesario para reemplazar los usuarios que parten con nuevo personal entrenado. Esto permitirá el mantenimiento de la información ser llevada en base a tiempo y continuidad. Es también importante brindar entrenamiento avanzado a usuarios existentes para proveerles con la oportunidad de perfeccionar su habilidad y hacer mejor uso del sistema.

SIG es una tecnología complicada, haciendo inevitables problemas de operación. El soporte de usuario ayudará a los usuarios resolver estos problemas rápidamente. También acondicionará el software de SIG a facilitarlos para ejecutar tareas de procesamiento más rápido y más eficaz.

3.2 Factores importantes al seleccionar un sistema SIG.

Debido a la falta de información referente a SIG, es importante considerar ciertos factores al escoger un SIG específico.

Para los requerimientos de ingreso de información debe incluir lo siguiente:

- digitalización manual;
- exploración (Scanning)
- ingreso de datos masivos;
- revisión automática y correcciones para errores digitalizados.

Para los requerimientos de manipulación de información debe incluir lo siguiente:

- revisiones de datos;
- remoción de polígonos;
- transformación de información para encajar en puntos de control específicos;
- unión de información de una variedad de fuentes digitales dentro de una base de datos digital;
- unión de polígonos con atributos comunes;
- agregación de información dentro de parámetros específicos.

Funciones de análisis de información puede incluir:

- análisis de recubrimientos de puntos, líneas y polígonos;
- cálculos y mediciones geométricas;
- análisis de proximidad y contigüidad;
- búsquedas de información espacial;
- búsquedas de información de atributos;
- análisis de redes de trabajo.

Requerimientos de presentación de información puede incluir:

- despliegue y trazado (plot) de información en una escala definida por el usuario;
- despliegue y trazado de modelos de terrenos digitales;
- trazado de información de atributos automático como texto de mapa;
- generación de símbolos de mapas basados en la información de atributos;
- habilidad de trazadores e impresoras específicas;
- formatos de salida para mapas y reportes específicos.

Costos

Es importante mencionar que la implementación de un SIG no termina con la adquisición de un software determinado. Existen otros componentes de hardware como plotters, mesas digitalizadoras, GPS's, etc., que son herramientas complementarias y que en algunos casos pueden ser necesarias. Otros costos que deben ser considerados:

- adquisición de hardware y software;
- conversión de información;
- mantenimiento de hardware y software;
- entrenamiento de usuarios;
- manejo del sistema;
- soporte al usuario;
- desarrollo y acondicionamiento del software;
- mantenimiento de la base de datos;
- suministros
- poner al día (upgrade) hardware y software.

Otros costos, la productividad del usuario. Algunas consideraciones:

- ingreso de nueva información;
- edición y mantenimiento de información existente;
- analizar información y generación de reportes;
- ejecutar copias de archivos diariamente;
- desplegar información en la estación de trabajo, especialmente, archivos grandes de mapas.

3.3 Perfil del personal para manejo y administración de SIG.

Como cualquier otra organización, un departamento de SIG necesita el personal calificado para hacerlas trabajar de manera eficiente.

Muchas de las funciones SIG descritas más adelante van a ser nuevas para una organización. Aquellos con departamentos de procesamiento de información existente ya tienen posiciones de personal para ejecutar funciones similares en soporte para sistemas de manejo de información (MIS).

Puede ser posible combinar el gerente de SIG y la función de manejo de la base de datos SIG dentro de una posición. Por otro lado, algunas veces más de una persona es necesaria para desarrollar una función.

Los requerimientos básicos para las posiciones de personal SIG son descritos a continuación.

3.3.1 Gerente de SIG.

Esta posición requiere de conocimientos generales de aplicaciones de SIG y las necesidades de la organización. Él puede diseñar bases de datos SIG tan eficientes como procedimientos analíticos requeridos para el soporte de aplicaciones de SIG. Él sabe cómo planear los pasos de producción para las aplicaciones SIG. Él va a ser el enlace entre SIG y los usuarios. Él debería ser un buen comunicador que puede escuchar las peticiones de los usuarios y traducir éstos en métodos y procedimientos para generación de productos SIG.

El gerente de SIG es el último responsable para conseguir los productos SIG a los usuarios y él busca una retroalimentación útil de ellos. Él es el educador primario para los usuarios en SIG. Debe tener experiencia en manejo de personal y mantener el personal de SIG motivado y trabajando eficientemente. Él debe saber como estimar los recursos necesarios y los costos, cómo conseguir el dinero y compromiso de soportar las facilidades.

3.3.2 Encargado de la base de datos SIG.

Esta persona tiene un conocimiento del diseño de la base de datos SIG y experiencia con las aplicaciones SIG de la organización. Él también conoce y entiende los principios de mapeo. Él debe organizar los conjuntos de información dentro de recubrimientos y campos descriptivos y escoger las fuentes de la información, niveles de resolución, sistema de coordenadas y procedimientos de mapeo a ser usados.

Él diseña los atributos de la base de datos y asocia esta información descriptiva con características de mapas. Él desarrolla y maneja librerías de mapas y diccionarios de datos automatizados y asegura la calidad de la información. Él sabe cómo usar el software SIG, hardware e información para generar los productos como fue dirigido por el gerente SIG.

3.3.3 Cartógrafo.

Esta persona tiene experiencia en cartografía. Él también tiene experiencia en ingreso de datos (data entry) y operaciones generales de SIG. Él tiene la responsabilidad para las operaciones de ingreso de datos, incluyendo la digitalización, edición de mapas e ingreso de llaves de información descriptiva. Él recopila la información de mapas de cualquier fuente, incluyendo mapas existentes, fotografía aérea, imágenes de satélite y archivos de mapas digitales existentes.

El cartógrafo es también responsable para la producción de mapas. Él diseña mapas a ser desplegados o trazados por un sistema. Él trabaja bajo la dirección del encargado de la base de datos.

3.3.4 Manejador del sistema.

Esta posición requiere conocimiento y experiencia en manejar un sistema de computadoras, incluyendo todo el hardware, software, periféricos y suministros. Él es responsable de la operación del sistema. Este incluye colocar los accesos a los usuarios, creando copias de archivos y manteniendo una biblioteca de copias, instalando software nuevo, ayudando a los usuarios y coordinación con los vendedores de hardware y software.

3.3.5 Programador.

Esta persona tiene experiencia con sistemas SIG y es diestro al programar en lenguajes de programación. Él desarrolla aplicaciones de software como programas especiales de conversión de información. Él también desarrolla y mantiene los macro comandos del usuario y menús de comandos. El supervisor es el manejador del sistema.

PROPIEDAD DE LA EMPRESA...
Biblioteca Central

4. Caso práctico.

Para el desarrollo de una aplicación de Sistemas de Información Geográficos, se incluyó el uso de herramientas como los Sistemas de Posicionamiento Global, el uso de Software especializado en digitalización de mapas y la Integración de esta Información Geográfica con información que se encuentra almacenada en una base de datos relacional. La forma de llevar la información en un ambiente agro-industrial es la tenencia de información aislada sin poder integrar la parte agrícola con la parte geográfica. La información concerniente a fincas, pantes o diferentes variedades de cultivos en ciertos pantes está hecho por medio de dibujos a mano alzada (coloreadas con crayones) o en herramientas CAD. Este trabajo de tesis remarca la integración que puede haber entre la información agrícola y administrativa con la información geográfica. Desde este punto de vista, se puede usar el SIG como una poderosa herramienta de toma de decisiones que abarque ambos tópicos.

Para el desarrollo de una aplicación orientada a la Agro-Industria, es necesario ejecutar una serie de pasos para la construcción de esta aplicación.

4.1 Investigación inicial.

En el desarrollo de un sistema informático fue necesario saber las necesidades del usuario y las fuentes de información que existen en el negocio. Es primordial este paso, debido a que tiene que existir un mismo entendimiento entre usuario y analista.

4.1.1 Análisis y diseño.

El análisis es la primera fase en la determinación de las necesidades del usuario y el diseño en cómo se van a automatizar los distintos procedimientos del negocio. Es muy importante que exista buena comunicación con todos los usuarios que componen esta función del negocio, especialmente, las personas que trabajan en el área de campo. En esta fase, se definieron las fuentes de información que pueden estar en cualquier formato o medio, impreso, magnético, etc.

4.2 Trabajo de campo (GPS)

Luego de la investigación inicial, se procede a la ejecución de los distintos pasos definidos en la fase de análisis. Cada uno de los pasos va a constar de una serie de tareas que se van a ejecutar en el campo como a nivel oficina (gabinete, edición de archivos GPS, etc.). En la fase de campo, en el primer paso a tomar, fue necesario determinar fechas y lugares precisos para hacer las mediciones por medio de GPS en el campo y, seguidamente, se procedió a la edición de los datos.

4.2.1 Planeamiento.

En la fase de planeamiento fue necesario recabar la siguiente información:

- determinación exacta de días y horas para la recepción de señal de los satélites GPS para medición de localidades en la Tierra;
- determinación de puntos geográficos (mojones) correspondientes a cierta finca para ser medidos;
- coordinación con guías de campo para medición de los puntos en el campo.

4.2.1.1 Determinación de las mejores horas de recepción de señal de los satélites para medición de puntos en la Tierra.

GPS está basado en un rango de satélites. Esto significa que calculamos nuestra posición en la tierra midiendo nuestra distancia de un grupo de satélites en el espacio. Estos satélites actúan como un punto de referencia preciso para nosotros. Por lo tanto, se necesitan cuatro satélites, los cuales nos da una posición exacta en donde estamos (Figura 4).

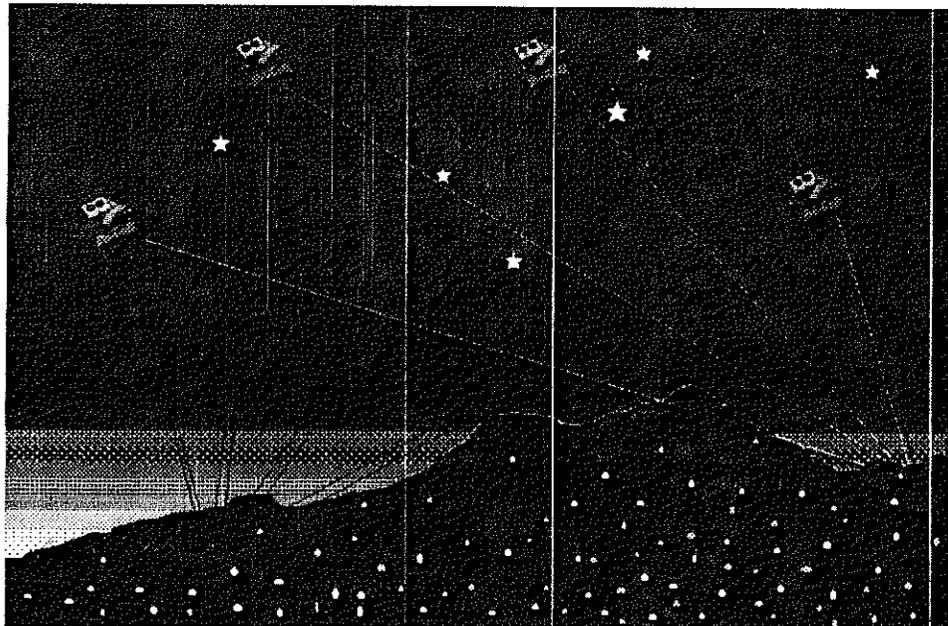


Figura 4: Medición de un punto de referencia en la Tierra con cuatro satélites para una medición confiable.

Geometría -- Algunos ángulos son mejores que otros. Para obtener la mayor exactitud posible, un buen receptor GPS puede tomar en cuenta el principio de 'Dilución geométrica de Precisión' PDOP. Depende de los ángulos relativos en el cielo de los satélites para una mejor medida de posicionamiento. Para que exista un buen PDOP tiene que ser menor que seis .

Ejemplo: para el día 4 de diciembre de 1,995, se procedió a determinar cuáles eran las mejores horas para medición de puntos en el área de trabajo por medio del índice PDOP. De acuerdo con un software que calcula este índice, podemos observar en la Figura 5 lo siguiente:

MAGELLAN SYSTEMS CORPORATION Copyright 1995 - V3.20				
+----- □ MISSION PLANNING □ -----+				
3D PDOPs for 12/04/95		Local offset from UTC -6:00		
NORTHING 1612798.70 N		EASTING 15 765903.33 Mask angle 15 degrees		
Time				
hh:mm	PDOP (sats)			
00:00	4.1(4, 7,24,27)	4.3(2, 4, 7,27)	4.7(2, 4, 7,24)	5.4(2, 4,24,27)
01:00	3.6(2, 4, 7, 9)	3.8(2, 4, 9,24)	5.0(2, 4, 7,24)	5.4(4, 7, 9,24)
02:00	3.1(2, 5, 7,24)	3.1(2, 5, 9,24)	3.2(5, 7,16,24)	3.2(2, 4, 5,24)
03:00	2.6(7, 9,16,24)	2.7(5, 7, 9,16)	3.0(4, 7, 9,16)	3.0(4, 5, 9,16)
04:00	2.9(16,20,24,26)	3.5(5,16,24,26)	3.8(5,20,24,26)	4.3(5,16,20,26)
05:00	4.0(6,16,24,26)	4.2(5, 6,16,24)	4.7(6,16,20,24)	4.8(16,20,24,26)
06:00	2.8(5, 6,24,26)	2.8(6,23,24,26)	2.9(6,20,24,26)	3.1(5, 6,16,26)
07:00	2.7(6, 9,17,20)	2.9(6, 9,17,26)	3.3(6, 9,17,23)	3.3(6,17,20,26)
08:00	2.9(1, 6, 9,26)	2.9(1, 6,23,26)	2.9(1, 6, 9,17)	3.0(1, 6, 9,23)
09:00	3.6(6, 9,17,21)	3.7(1, 9,17,21)	4.4(6, 9,17,23)	4.5(1, 9,17,23)
10:00	4.3(1, 9,21,28)	4.6(9,17,21,28)	4.9(1, 9,23,28)	5.0(9,17,23,28)
+-----+				
ESC <exit> Arrow Keys <scroll> F5 <Report> F7 <print> F10 <CPDOP>				
+-----+				
STATUS: output written to pdops.out		□ AG320\LAGUNA \		
+-----+				

Figura 5: En esta figura observamos las distintas horas del día 4 de diciembre de 1995. En cada hora existen 4 conjuntos de PDOP; significa la posición de los satélites cada quince minutos. En el índice PDOP observamos las identificaciones de cada uno de los satélites que van a estar en la localidad de medición.

4.2.1.2 Determinación de los puntos o mojones donde se van a georeferenciar las localidades de forma única por medio de GPS.

Determinar con el cliente los puntos exactos de la finca o los puntos donde se van a medir las localidades exactas (posiciones únicas georeferenciadas: longitud, latitud y altura).

Calendarizar los puntos geográficos a medir en una finca, aprovechando las mejores horas de recepción de acuerdo con el índice PDOP. La participación del usuario es importante en este punto, para que esté envuelto en el desarrollo del proyecto.

4.2.1.3 Facilitamiento de guías de campo.

Es importante el lograr ubicar, fácilmente, los diferentes elementos a medir como lo son los mojones, puntos de control, vías de acceso, etc. Esto se puede lograr por medio de guías y personal de las distintas fincas que estén familiarizadas con éstas características del lugar a medir.

4.2.2 Ejecución de medidas en el campo.

Para la medición de los puntos en una finca, fue necesaria la coordinación de los guías de campo y el encargado de medir el punto por medio de los dispositivos GPS. Las localidades medidas por medio del dispositivo antes mencionado son almacenadas en una bitácora de datos (datalogger) y al finalizar la medición de los puntos, son procesados en una computadora personal por medio de un programa de computadoras especializado.

Al hacer mediciones de puntos en una finca o en cierta área de estudio, es necesario el funcionamiento de una estación base, que va a servir para corregir los puntos y determinar la posición exacta, geográficamente, de una localidad medida.

El equipo que se utilizó fue un GPS Magellan de 10 canales y un computador IBM de 16 MB de RAM y 400 MB en disco duro.

4.3 Trabajo de gabinete.

El trabajo de gabinete se realiza después de haber extraído la información en el campo para; luego, prepararse de manera adecuada de acuerdo con los requerimientos de ingreso de información en un software adecuado de Sistemas de Información Geográfica.

4.3.1 Corrección diferencial.

Corrección diferencial es el proceso de colocar un receptor GPS en una localidad conocida, llamada estación base y usar la información de satélite recolectada para ajustar las posiciones de GPS computadas por otros receptores en localidades desconocidas. Las posiciones de los receptores de campo desconocidas son comparadas con la posición conocida de la estación base y las diferencias de desfase son usadas para incrementar la exactitud de las posiciones de los receptores de campo a menos de 1 metro de diámetro.

Es conveniente que los receptores de campo estén a una distancia no mayor de 500 kilómetros de la estación base, esto se debe a la obtención de mejores resultados.

Las localidades medidas en el área de trabajo se transfieren a un computador y cada punto medido va a contener un archivo con extensión .CAR. Cada uno de los archivos contiene una serie de puntos enviadas por los satélites con un diámetro promedio de 20 metros. Al aplicar la corrección diferencial, se determina, exactamente, la posición geográfica del punto medido; existen varios puntos enviados por los satélites en un rango de 1 a 2 metros de diámetro. Por último, se hace un promedio de todos los puntos ya corregidos y se obtiene el punto medido. A la corrección diferencial de cada punto, se crea otro archivo con extensión .DIF. Los nombres de los archivos quedarán así 1204S001.DIF. 1204 significa la fecha, diciembre 4; S, significa estacionario y 001, significa punto 1.

4.3.2 Conversión de archivos.

A la serie de archivos ya corregidos, se hace un cambio de formato con extensión .DXF (Data Exchange Format). Este es un formato ampliamente reconocido por una serie de paquetes de computación, para procesamiento de información.

4.3.3 Creación de polígono.

Para creación de un polígono o un pante, se tiene que proceder a unir los puntos por medio de líneas o arcos. Para este tipo de trabajo, es conveniente trabajar con AutoCad. Al haber unido los puntos, se procede a almacenar el archivo. AutoCad almacena con extensión .DWG. Es recomendable almacenar con extensión .DXF.

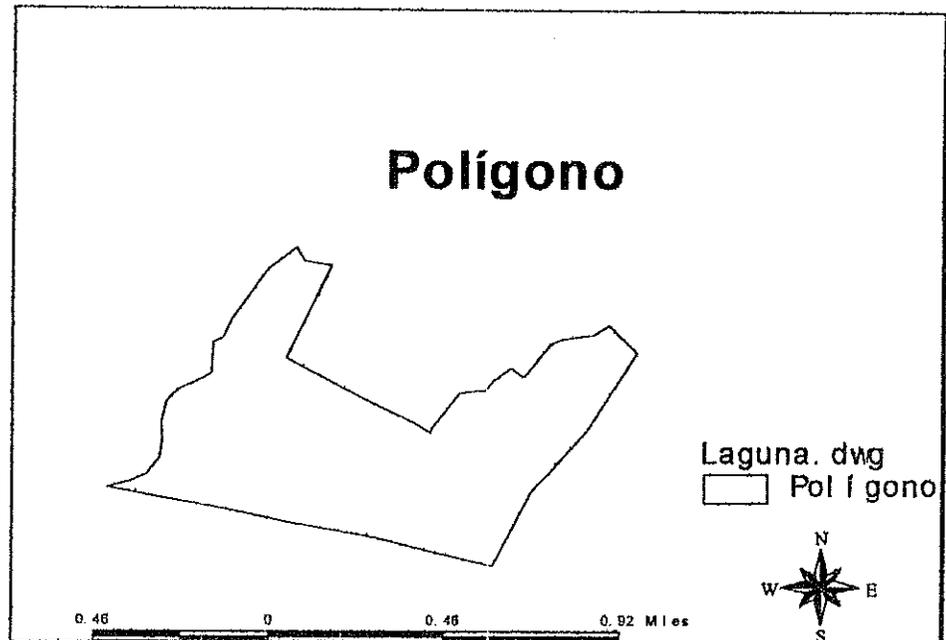


Figura 6: Medidos los mojones por medio de GPS, se procede a unirlos por medio de AutoCad, creando el polígono de la finca, así como su división interna que tiene.

4.3.4 Digitalización.

Para la digitalización del área en estudio, con el propósito de ilustrar de una mejor forma el lugar donde se encuentra ubicada la finca y evaluación de los distintos tópicos geográficos digitalizados con respecto a los intereses del usuario de la finca, se procede a digitalizar las curvas de nivel, ríos, poblados y los distintos tipos de carreteras.

La fuente de datos que se usan son los mapas cartográficos en escala 1:50000. Estos mapas se adquieren en el Instituto Geográfico Militar (IGM). Los mapas cartográficos que se usaron fueron: San Lucas Tolimán, Río Bravo, Chicacao y Patulul. Para la digitalización de mapas cartográficos se necesita un computador que soporte AutoCad o un software de Sistemas de Información Geográficos y una mesa digitalizadora, la mesa debe estar conectada al puerto paralelo del computador (Figura 7).

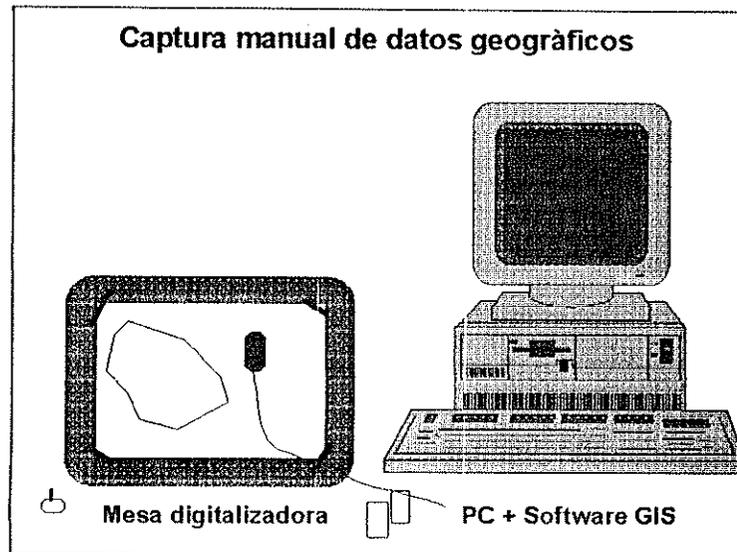


Figura 7: La tabla digitalizadora tiene que estar conectada al computador y el software respectivo tiene que reconocer este dispositivo externo. El área digitalizada se va a ver, exactamente, igual en el computador.

Para el funcionamiento de la mesa digitalizadora y digitalización de los mapas en AutoCad, se ejecutan los siguientes pasos:

1. configuración de la mesa en este software, con el comando TABLET cfg;
2. creación de las distintas capas (layers) en AutoCad (ver figura 7), estos pueden ser: Curvas de Nivel, ríos, riachuelos, lagos, poblados, caminos afirmados, caminos con revestimiento suelto o ligero de dos o más vías, caminos afirmados sólidos, caminos con revestimiento suelto o ligero de una vía, caminos transitables en tiempo bueno o seco, rodadas o veredas y otro punto de interés. A cada una de estas capas se procede a registrarlos de distintos colores. Así, los caminos pueden representarse por medio del color rojo; ríos, de azul; curvas de nivel, de verde; etc;
3. colocación del mapa en la mesa digitalizadora;
4. definición de las coordenadas del mapa en AutoCad por medio de TABLET cal. Se definen las coordenadas inferior izquierda y superior derecha. Por ejemplo: en la hoja cartográfica ILOM, sus coordenadas son: C1(688000,1715000) y C2(714000,1732000)
5. digitalización de cada una de las características (mapas, caminos, ríos, etc.) en su respectiva capa (layer) ya creada. Para digitalización de curvas de nivel se procede a dibujar por medio del comando PLINE. Para registro de un poblado, que es un punto, se procede por medio de POINT. Ver figura 8;
6. para digitalizar otras características en otros mapas, se procede a los pasos 4 y 5 respectivamente;
7. guardar con formato .DXF.

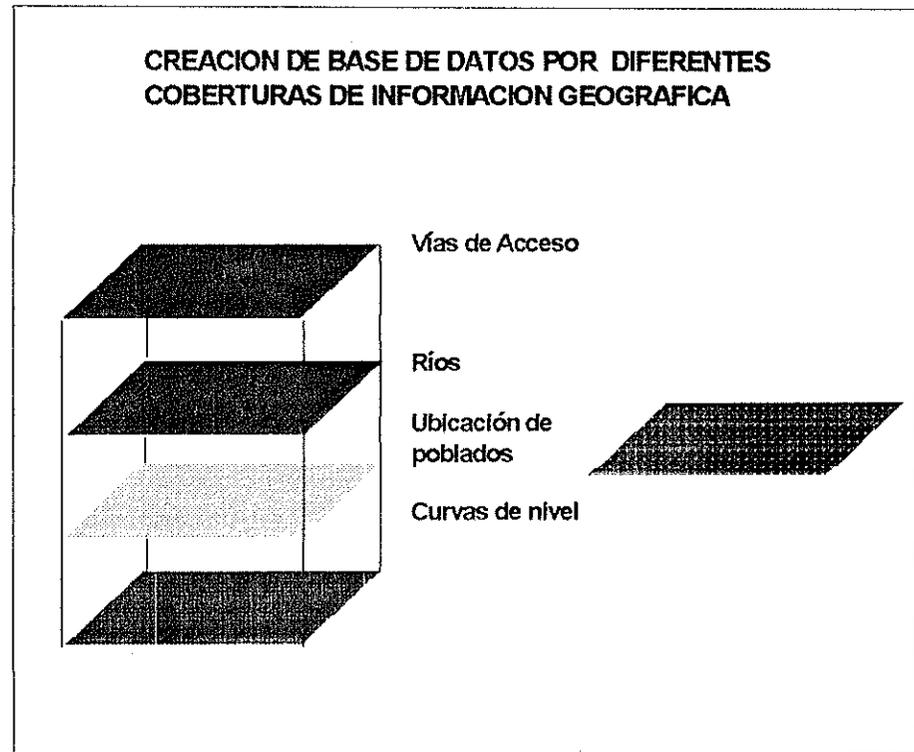


Figura 8: metodología en clasificar e ingresar o digitalizar la información geográfica dentro de un SIG. En cada una de las capas se encuentra información propia del tipo de característica que se está trabajando en esa capa.

Al haber digitalizado todas las áreas, se puede observar el área digitalizada con sus distintas capas. Cada capa o cobertura representa: curvas de nivel, ríos, poblados y distintos tipos de carretera. Podemos apreciar el área digitalizada en la figura 9.

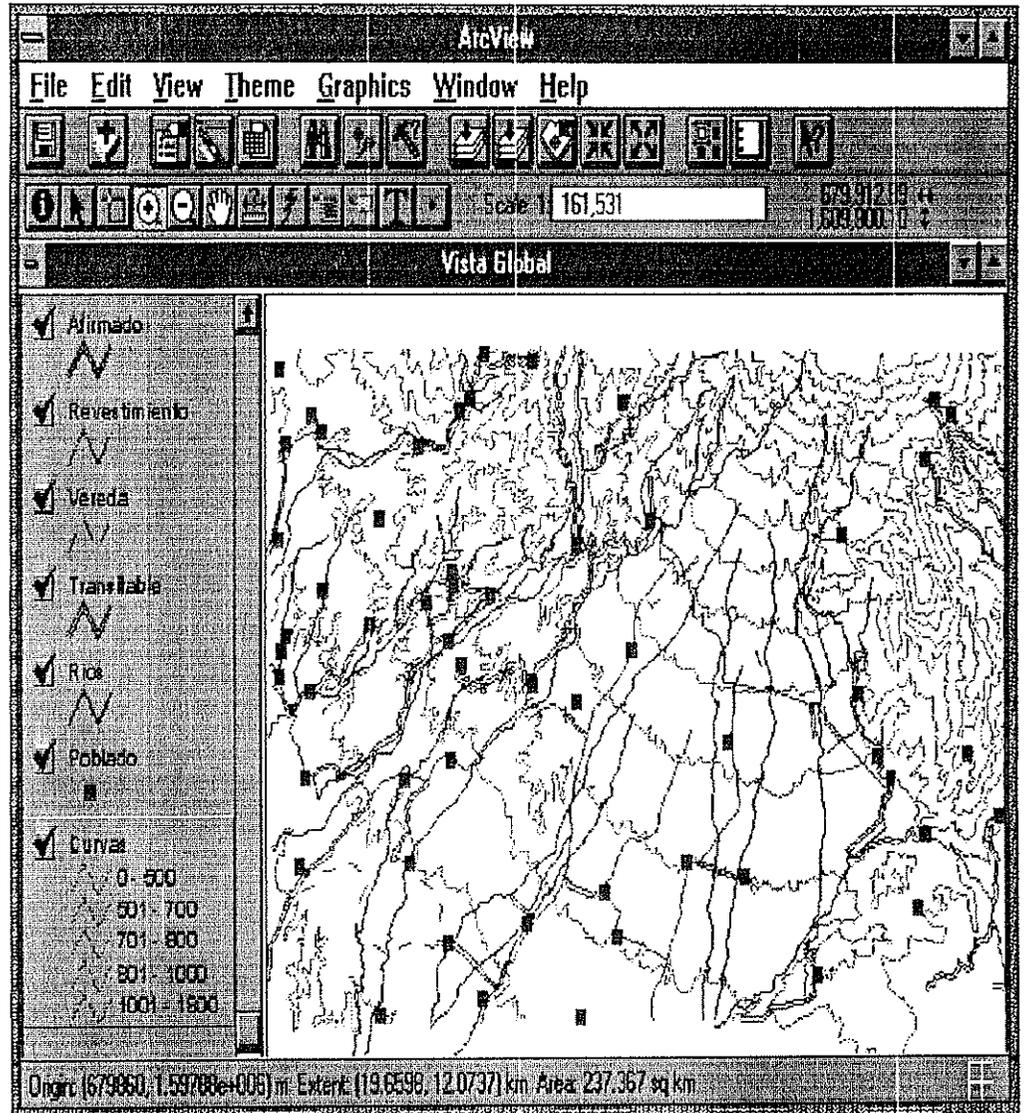


Figura 9: Digitalización de la parte suroccidental del país, en los cuales se pueden apreciar las distintas características digitalizadas (curvas de nivel, carreteras, ríos, lagos y poblados) en distintos colores y distintas formas.

Cada una de las características digitalizadas se pueden representar en varios tipos de líneas, así como la representación de localidades con distintos símbolos. Para el área digitalizada, en lo que se refiere a carreteras, se representó cada una por distintos tipos de líneas (continuas, punteadas, etc.).

4.3.5 Depuración características digitalizadas.

Al digitalizar lagos, regularmente las líneas que crean el contorno a un lago, el nodo de origen (el origen de comienzo de la línea) está muy lejos del nodo de terminación o pasa ligeramente encima del nodo de origen. Se procede a revisar y corregir este tipo de aspectos en toda el área digitalizada.

4.3.6 Georeferenciación de polígono hecho en AutoCad.

Un polígono (ej.: finca) hecho en AutoCad, no ofrece georeferenciación de un lugar a otro dentro del polígono, por lo tanto, se tienen que realizar las siguientes tareas:

1. medición de puntos de control (mojones, poblados, etc.) por medio de los dispositivos GPS en el área de trabajo, donde el área dibujada por medio de AutoCad representa el área de trabajo;
2. georeferenciación. En base a la medición de puntos, se crean sus respectivas coordenadas geográficas mundiales de esa finca con base en los puntos antes mencionados.

4.4 Integración GIS/GPS/CAD

Al haber digitalizado el área de interés por medio de hojas cartográficas y la medición por medio de GPS que se ejecutó para una finca, se procede a integrar estas características a un Sistema de Información Geográfico. Para cada una de las características que se creó, se va a proceder a crearle su georeferenciación e información asociada a esta característica (poblados, curvas de nivel, ríos, carreteras).

4.4.1 Creación topología.

Se ha presentado cómo visualizar las características de un mapa representado por puntos, líneas y polígonos. De las características de los mapas, se pueden desprender algunas relaciones espaciales entre las características digitalizadas (curvas, poblados, ríos, etc.). Por ejemplo, se pueden identificar dos parcelas de terrenos contiguos y una calle que pasa a lo largo de donde están estos terrenos (Figura 10).

Se interpretan estas relaciones identificando la conexión de líneas a lo largo de un camino, definiendo las áreas cercadas por estas líneas e identificando áreas contiguas. La topología es un procedimiento matemático para definir explícitamente las relaciones espaciales. Para mapas, la topología define las conexiones entre características, identifica polígonos adyacentes y puede definir una característica, como lo es un área.

La información es almacenada en forma eficiente cuando la topología es usada. Por lo tanto, se puede procesar información más rápido y procesar grandes conjuntos de información. Cuando existen relaciones topológicas, se pueden ejecutar funciones de análisis, como es modelar un flujo a través de líneas conectadas en una red, combinando polígonos adyacentes con características similares y sobreponiendo características geográficas.

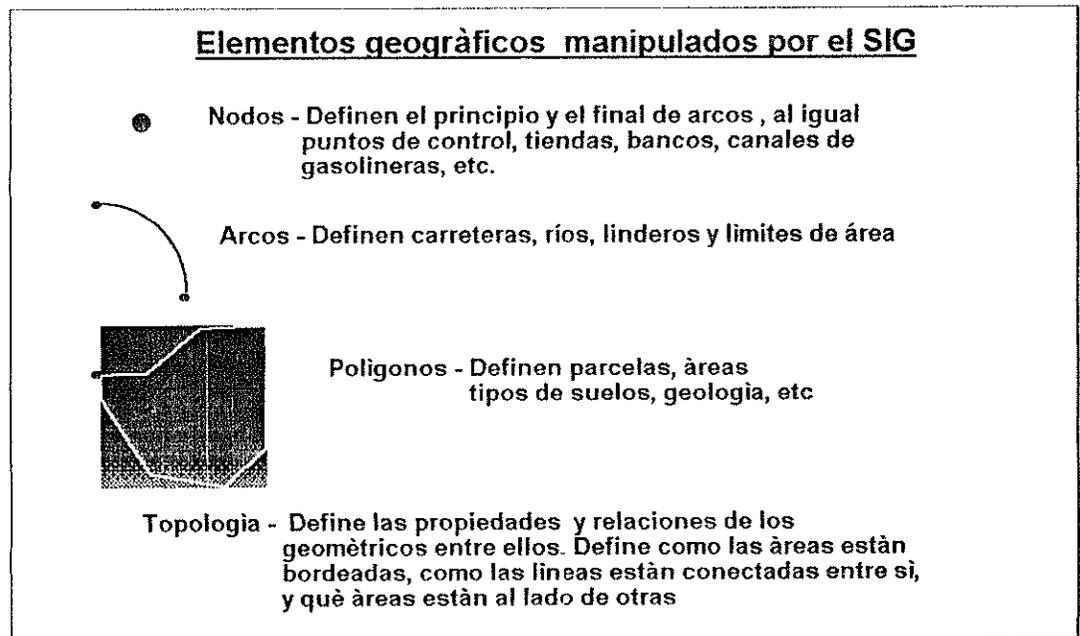


Figura 10: Núcleo de un sistema de información geográfico. Con los elementos geográficos definidos anteriormente, se puede proceder a hacer análisis con la información geográfica.

Esta es la parte más importante de los sistemas de información geográficos, porque se puede hacer análisis de la información geográfica que se tiene registrada. Al haberse digitalizado las distintas características del mapa cartográfico (ríos, lagunas, carreteras, curvas de nivel, poblados, etc.) y los polígonos formados por puntos medidos de los GPS, se procede a crearle su topología.

4.4.2 Identificación de cada una de las características (ríos, poblados, carreteras, curvas de nivel)

En cada una de las características ya digitalizadas, se procede a identificarlos con respecto a los mapas cartográficos. Cada una de esas características va a contener un número de identificación único. Cada una de las características creadas se encuentra en un archivo, que puede ser modificado por FoxPro (extensión dbf) Para añadir información asociada, hay que añadir uno o más campos a ese archivo. Para identificar cada característica, se ejecutan los siguientes pasos:

1. identificar el número correlativo del punto o la línea;
2. ingresar la información asociada a esa característica y que corresponda al número de identificación. Ver figura 11.

Attribute of Ribot					
Line	Point	Length	Flow	Flow_id	River
1	1	37 549190	43	45	
1	1	2303 841000	44	18	Zanjón El Trozo
1	1	16 301480	45	18	Zanjón El Trozo
1	1	450 563300	46	45	Zanjón El Trozo
1	1	4936 387000	47	41	Río Mocá
1	1	6390 392000	48	19	Río Sigüacán
1	1	6128 599000	49	15	Río San Francisco
1	1	5967 396000	50	14	Río Coyolab
1	1	7393 915000	51	38	Zanjón Rasconal
1	1	8009 209000	52	37	Río Bravo
1	1	7825 475000	53	16	Río Corallo
1	1	5227 930000	54	43	Río San Francisco
1	1	1028 828000	55	40	Río Bravo
1	1	8020 800000	56	39	Río Madre Vieja Segunc
1	1	3 901622	57	39	Río Madre Vieja Segunc
1	1	151 044500	58	40	Río Madre Vieja Segunc
1	1	5807 764000	59	44	Zanjón El Trozo

Figura 11: Observamos la identificación de la característica y su información asociada a ésta.

Al haber identificado e ingresado la información asociada a esas características, procedemos a visualizar, gráficamente, cada una de ellas con su respectiva identificación (Figura 12).

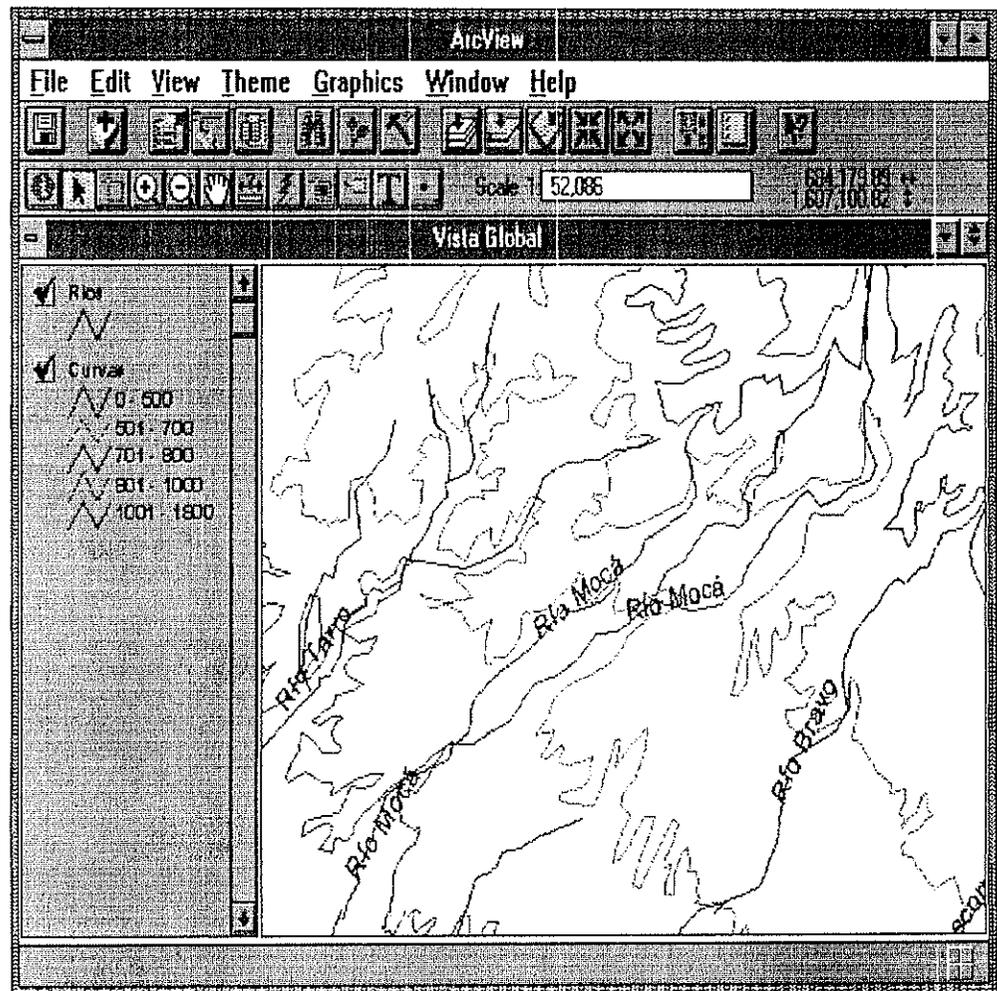


Figura 12: visualización de características identificadas, que previamente fueron digitalizadas.

Una de las características principales de los Sistemas de Información Geográficos es la visualización de distintas coberturas, de acuerdo con las necesidades y requerimientos del usuario, así como la visualización detallada de una fracción del área en estudio e identificación de ciertas características de cada una de las coberturas.

4.4.3 Relación con información almacenada en Bases de datos relacionales.

Cada uno de los atributos (punto, línea o polígono) que manipula la base de datos geográfica, va a contener una identificación numérica única. Para unir información que procede de una base de datos relacional, se crea una relación mediante un campo que sea común entre la tabla generada por la cobertura en el SIG y la tabla de la base de datos relacional (Figura 13).

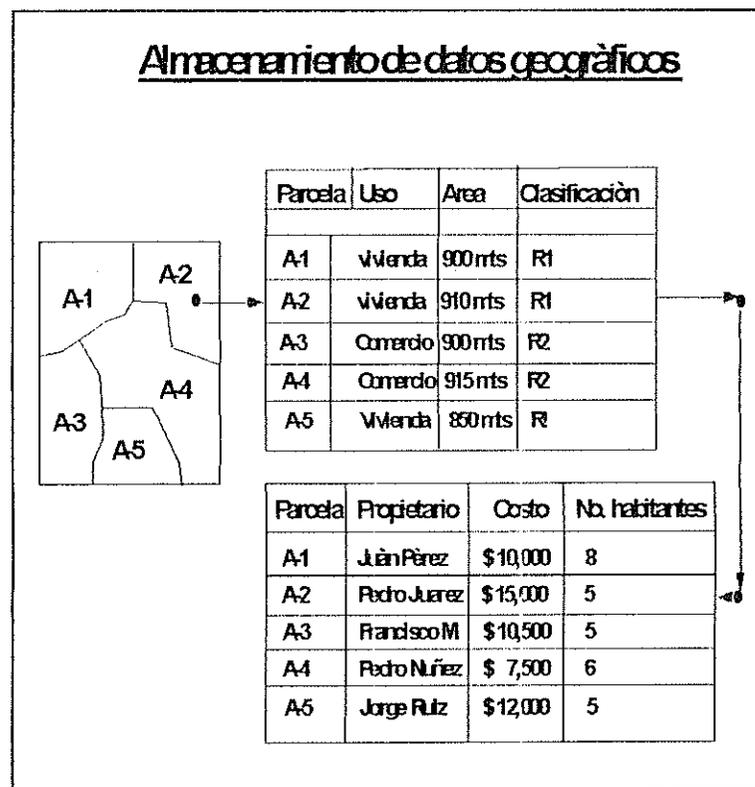


Figura 13: conectividad con bases de datos relacionales.
SIG ofrece con esta característica poder para combinar la información que proviene de una base de datos relacional y una geográfica.

El poder de los sistemas de información geográficos para combinar información comercial o agrícola, es la conectividad que puede tener con los sistemas manejadores de bases de datos relacionales más comunes en el mercado. Los manejadores antes mencionados pueden ser: Oracle, Informix, Sybase, Gupta, etc.

4.5 Análisis de la información y presentación de resultados.

A partir de la información digitalizada e información recopilada e ingresada al computador, procedemos a presentar una serie de búsquedas (queries) y presentaciones de la información resultante. Es importante hacer notar que la información manejada en una base de datos relacional y una base de datos geográfica, nos provee de una herramienta importante para hacer consultas y visualizar en la pantalla de un computador el resultado de la manipulación de la información, quiere decir que ésta es una herramienta de toma de decisiones. Por ejemplo: información geográfica de una finca con información del rendimiento de los pantes que superen en 150 toneladas al año.

Al presentar los resultados de algún tipo de operación ejercido sobre la información geográfica y la información agrícola, se presenta la información necesaria en forma de mapa de acuerdo a las necesidades del usuario. Una presentación de un mapa contiene:

1. escala,
2. presentación de características geográficas,
3. cajetín,
4. simbología,
5. flecha Norte.

La presentación de coberturas puede variar para un usuario y de acuerdo a la aplicación. No, necesariamente, se tienen que mostrar todas las coberturas. Para el área que se digitalizó de la Costa Sur, fue necesario crear las siguientes coberturas:

1. curvas de nivel,
2. ríos,
3. poblados,
4. carreteras (incluye asfaltada, balastrada, veredas, etc.)
5. finca.

Las ventajas que ofrece un Sistema de Información Geográfico es que se pueden crear distintas vistas del área a estudiar y con distintas coberturas en presentación del mapa.

4.5.1 Zonas de amortiguamiento.

Las zonas de amortiguamiento son áreas de exclusión en el manejo de cultivos, ríos o carreteras o puntos de control dentro de un área de estudio. Estas zonas de amortiguamiento se crean bajo las siguientes condiciones o situaciones:

1. internas o externas: factores que inciden directamente en un área. Estos factores pueden ser las plagas o enfermedades que afectan una o más plantaciones dentro de un área de estudio;

2. potenciales: situaciones que pueden afectar un área de estudio en un futuro no determinado. Por ejemplo, puede ser una zona de exclusión en las márgenes de un río.

A continuación se describen algunos ejemplos acerca del uso de las zonas de amortiguamiento.

Ejemplo 1.

Existe una población en el Sur-Occidente del país donde se ha encontrado una enfermedad altamente agresiva y nociva para las plantaciones de café en las fincas cercanas. Se procede a crear una zona de amortiguamiento que va a servir para crear un programa de erradicación de esa enfermedad. En la figura 14, se seleccionó un poblado (La Lechería) y se creó una zona de amortiguamiento de los poblados más cercanos. Al haber creado la zona de amortiguamiento, se procede a visualizar esa área.

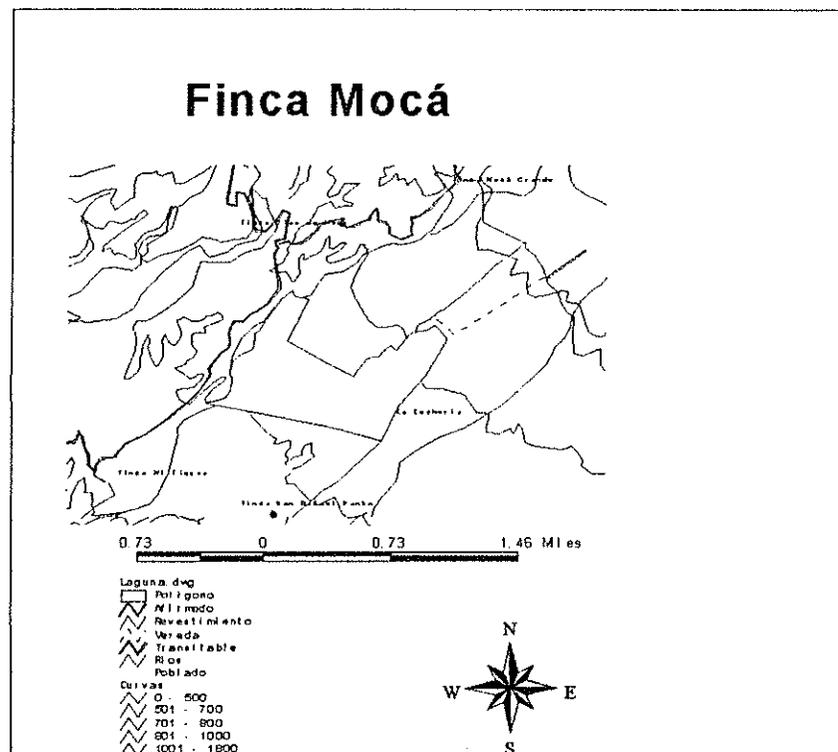


Figura 14: Poblados seleccionados a una distancia inferior de 1 km. Se pueden observar otras características geográficas como carreteras, ríos, curvas y los poblados seleccionados.

Seleccionados los poblados que cumplen con la condición de las zonas de amortiguamiento, éstos pueden etiquetarse para mayor información en la presentación de mapas.

Ejemplo 2.

La geografía de Guatemala cuenta con varios ríos en la Costa Sur. Para la época de invierno, regularmente hay problemas de inundación. Para crear programas en combatir las inundaciones en poblados, se crean zonas de amortiguamiento alrededor del río. Los poblados que estén dentro de esa zona de amortiguamiento, son identificados y presentados de manera gráfica (Figura 15).

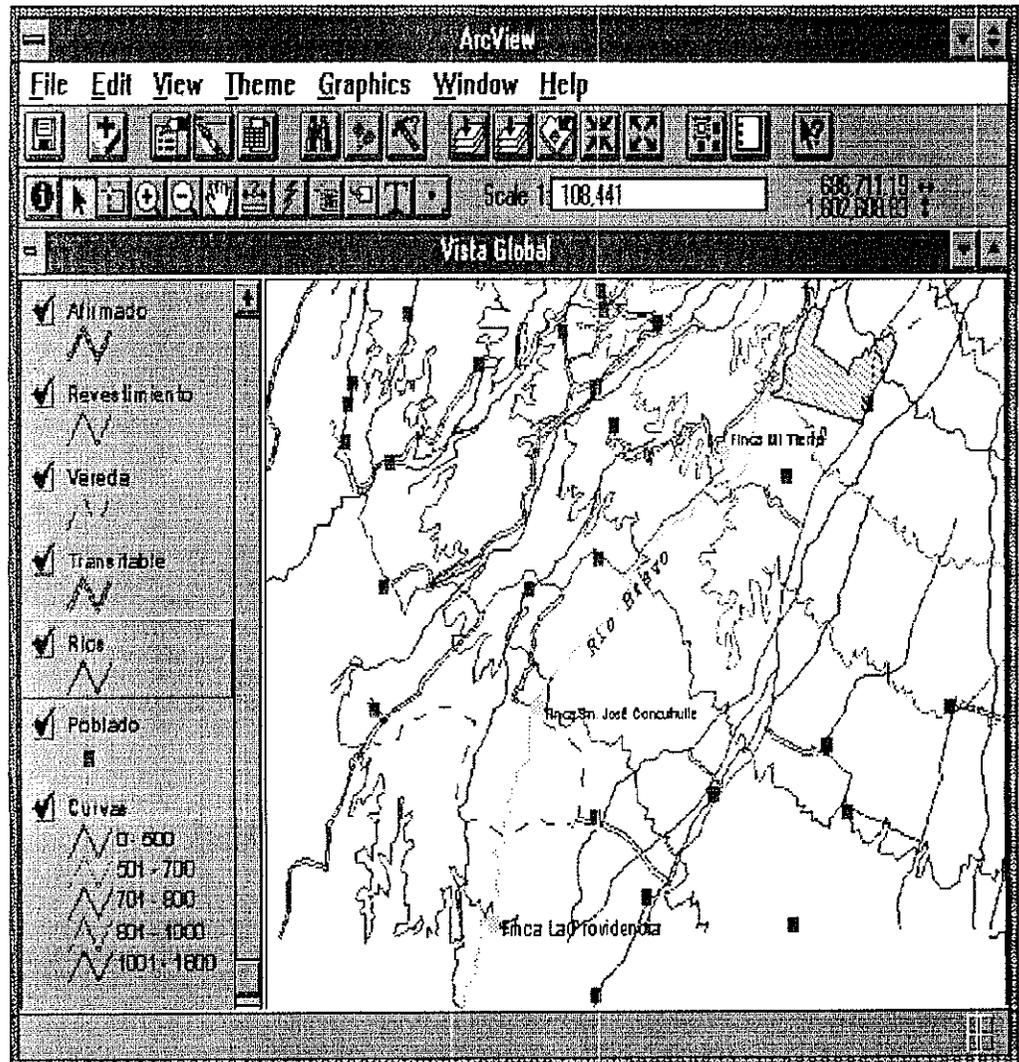


Figura 15: observamos que las fincas cercanas a ese río son Finca Mi Tierra, Finca Sn. José Concuñulle y Finca la Providencia, a partir de selección de patrones en una o más coberturas.

Al crear una zona de amortiguamiento, existe el manejo de características en varias coberturas. En el caso anterior, fue seleccionar un río y crear la zona de amortiguamiento que afectará algunas características en la cobertura de poblados.

Ejemplo 3.

En Guatemala existen enfermedades que afectan cultivos que están en cierta altitud respecto del nivel del mar. Se presenta un ejemplo de selección de poblados que se encuentran entre los 600 y los 700 metros sobre el nivel del mar (Figura 16)

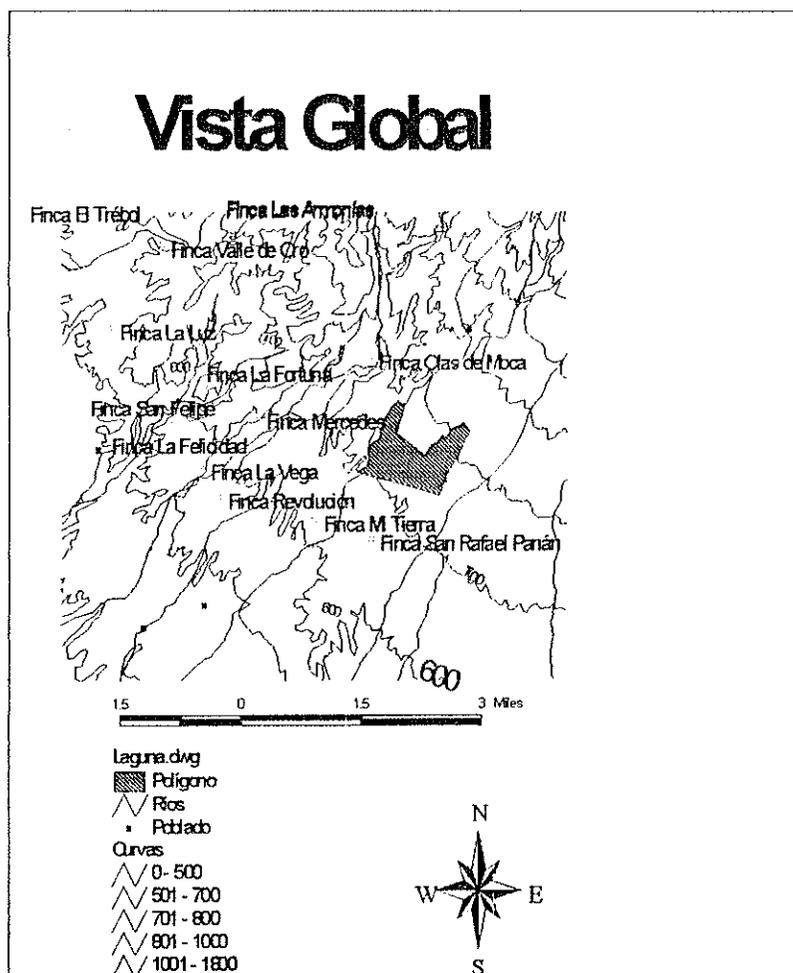


Figura 16: Poblados seleccionados y etiquetados con su respectivo nombre. Se observan otras coberturas como lo son: ríos, distintos tipos de carretera, curvas de nivel y la finca medida vía GPS.

Las zonas de amortiguamiento pueden operarse en los Sistemas de Información Geográfica cuando existe información asociada a las características de cada cobertura.

4.5.2 Presentación de cobertura con información asociada.

Para la visualización de una cobertura (ej.: lotes) cada característica (ej.: un lote en particular) contiene cierta información que la hace única, como lo es la identificación asignada por el Sistema de Información Geográfico a ese lote. Se puede almacenar información asociada a esa característica dentro de esa cobertura. En el caso de los lotes, puede ser: el dueño, costo, el uso que tiene ese lote. Para una visualización amplia del sector, se pueden presentar los lotes por uso.

En la figura 17, tenemos una finca con una cobertura relacionada de pantes. Cada uno de los pantes que se visualiza contiene cierta información que lo hacen único. Por ejemplo: su identificación, la variedad de caña de azúcar plantada, la madurez que tiene, el rendimiento, etc. Para visualizar esa cobertura, puede seleccionarse cualquier patrón de visualización. En este caso es la variedad de caña de azúcar.

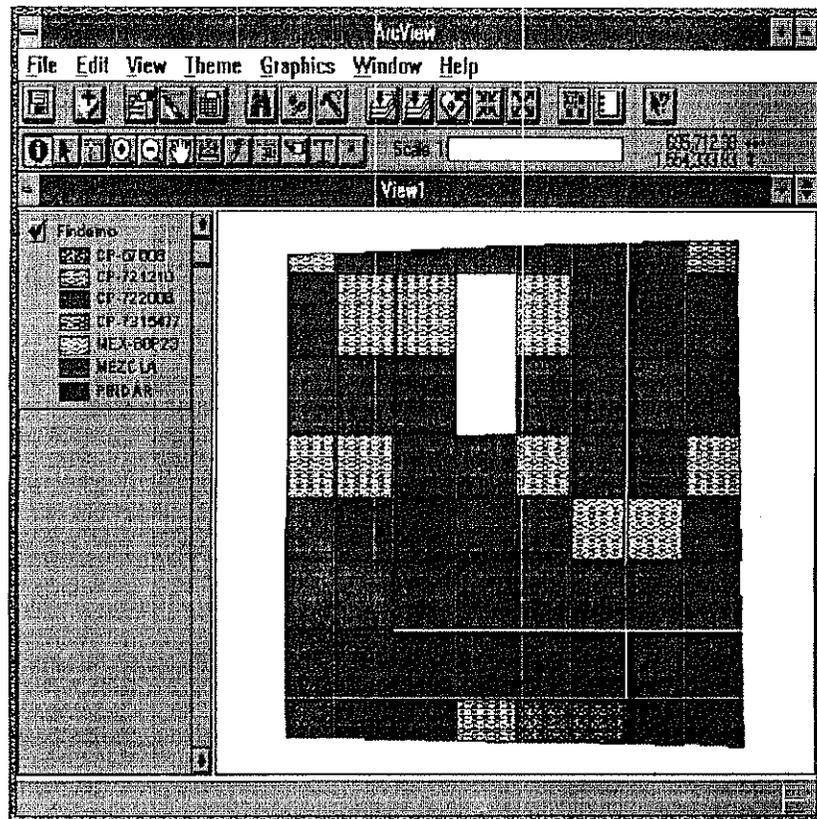


Figura 17: en la parte superior izquierda se observan las distintas clases de variedad de caña sembradas. A la derecha se observa la localización de cada una de las variedades de caña, sembradas en la región.

4.5.3 Selección de características por medio de un patrón de búsqueda.

Al haber seleccionado una cobertura especial, podemos manipular los datos, seleccionando distintas características asociadas a esta y desplegando. Para seleccionar distintos datos de una misma cobertura; se pueden usar los símbolos operadores (+, -, *, /, (,),), operadores de comparación (<, >, <=, >=) y los conectores de expresiones como lo son not, and y or. En este caso, vamos a seleccionar los pantes que contienen la variedad de azúcar MEZCLA, además, con un rendimiento superior a 150.42. Observamos en la figura 18, un cuadro de construcción de una expresión matemática a partir de la información asociada a esa cobertura. Pueden construirse distintas expresiones en distintas coberturas.

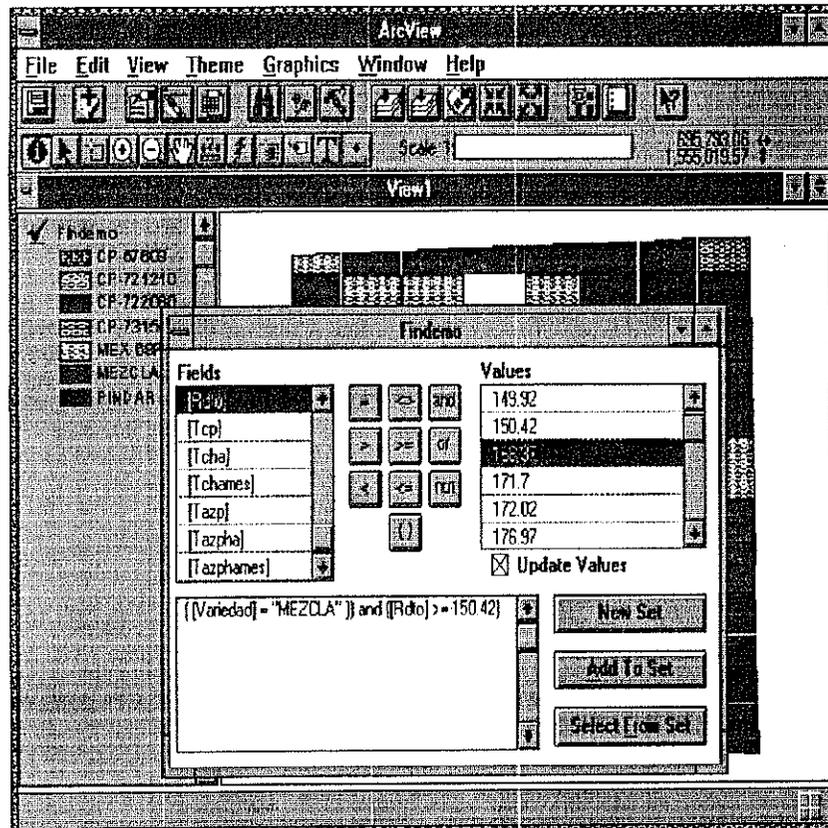


Figura 18: Los SIG ofrecen la manipulación de información geográfica, como información numérica y alfanumérica; asociada a la información geográfica.

La expresión que se ingresa es:

`[(Variedad)="MEZCLA"]) and ([Rdto]>=150.42)`

Después de haber ingresado los parámetros de búsqueda y selección, el SIG hace su procesamiento interno e inmediatamente despliega el resultado sobre la expresión anteriormente ingresada (Figura 19) En este caso, los pantes seleccionados se diferencian de los otros pantes no seleccionados en lo siguiente:

1. color claro de los pantes;
2. no tienen textura los pantes.

Existe una función en cualquier SIG, que es visualizar una característica dentro de una cobertura seleccionada, es seleccionar con el ratón esa característica y presenta en un cuadro de resultados la información asociada a esa característica (Figura 19). En este caso, se procedió a seleccionar un pante seleccionado por la expresión que se ingresó anteriormente y muestra su información del mismo.

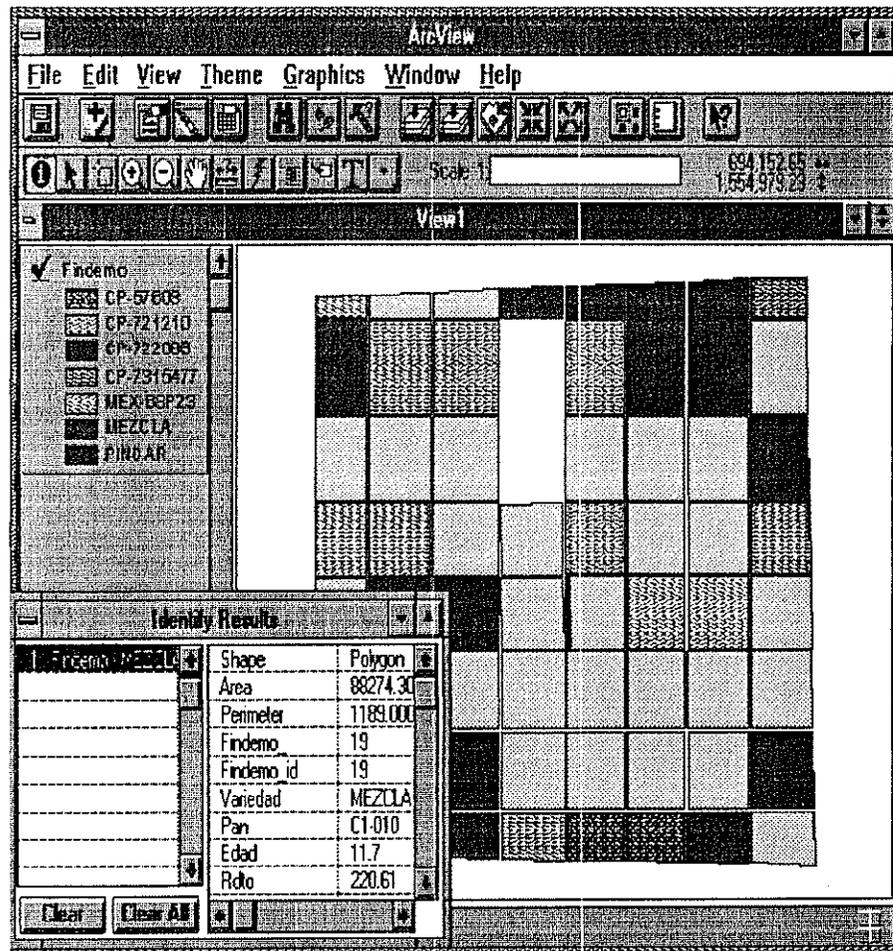


Figura 19: visualización de pantes seleccionados a partir de una expresión y visualización de una ventana de resultados con información asociada a ese pante.

La información asociada a esta cobertura puede ser visualizada al mismo tiempo que se está visualizando la parte gráfica, como se muestra en la figura 20.

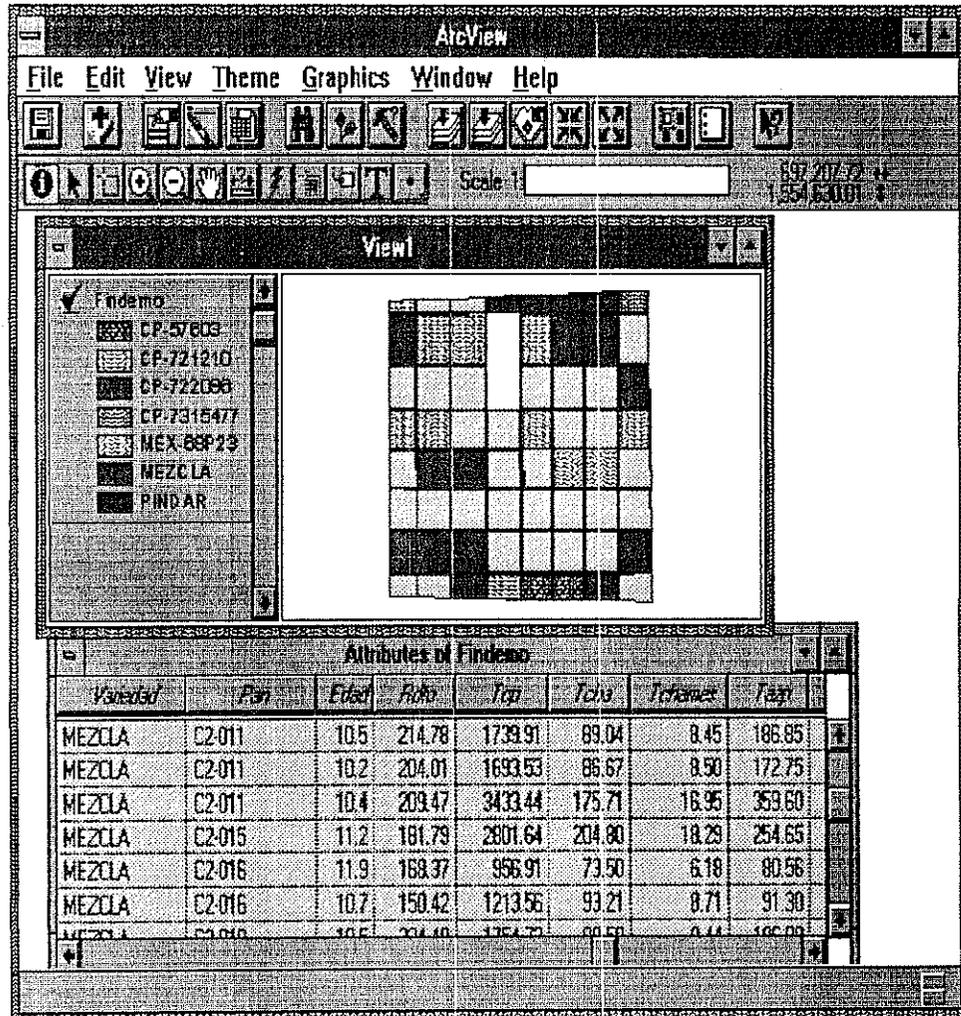


Figura 20: Puede observarse en la parte inferior, cada registro en ese archivo corresponde a un pante.

4.5.4 Introducción de gráficos en la presentación de mapas.

Una de las características que tienen los Sistemas de Información Geográficos es su capacidad de integración que tiene con las bases de datos relacionales. A partir de una presentación geográfica de cierta área a analizar, pueden incluirse gráficos extraídos de una base de datos relacional.

En la figura 21 observamos una vista de la finca examinada, con presentación de simbología, flecha norte, escala y un gráfico. El gráfico anteriormente enunciado puede ampliar de manera gráfica tomada de datos numéricos, la situación que existe en cierta área de estudio.

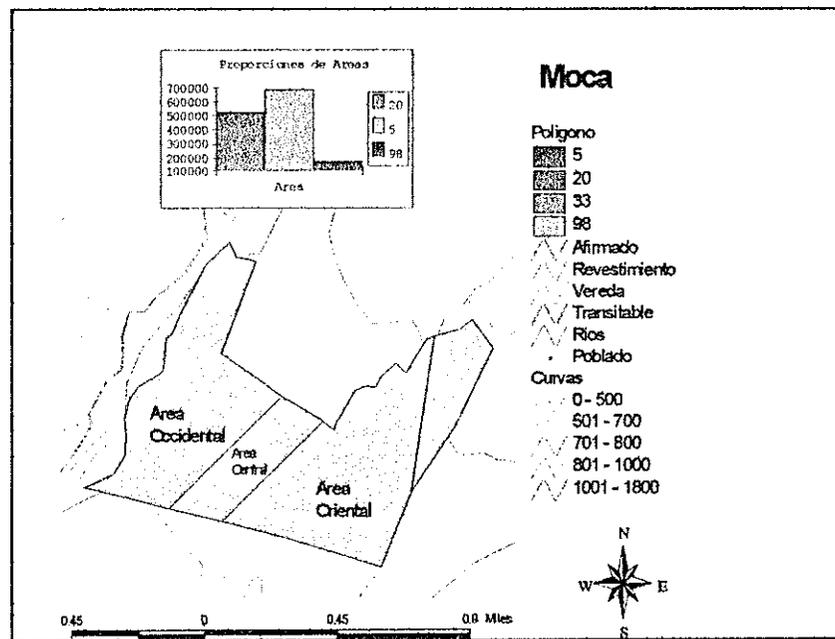


Figura 21: Vista de finca con la presentación de su distribución. En la parte superior del mapa se presenta un gráfico comparando las tres áreas. En la parte inferior está la escala que puede ser cambiada, en lugar de millas por kilómetros, centímetros, pulgadas, varas, etc.

Los gráficos presentados en los mapas pueden ser de cualquier forma (barras, líneas, círculos) Además de la presentación de gráficos, puede incluirse información agrícola en forma tabular.

5. Tendencias y aplicaciones de SIG hacia la Agro-industria

La combinación de herramientas de GPS y SIG van a proveer un avance notable en esta área, mencionando las posibles aplicaciones para Guatemala.

Catastro.

SIG puede ofrecer tener registradas todas las fincas de Guatemala, además, determinando, geográficamente, los pantes o áreas en las cuales está ocupada la finca, ya sea para distintos tipos de cultivos, como para pastos. Además, podría contener información acerca de ríos, poblados, carreteras, veredas, etc. Las ventajas que se pueden obtener son: determinación del área exacta de la finca con sus respectivos linderos, verificación de ocupacionalidad de tierras.

Fincas.

Una finca puede tener sembrada distintas variedades de un cultivo y por medio de SIG se puede visualizar información geográfica de sus distintas localidades, así como su respectiva información agrícola. Al mismo tiempo, puede llevarse información geográfica y agrícola acerca de tipos de suelo, ríos, carreteras, etc.

Control de plagas.

Por medio de los dispositivos de posicionamiento global (GPS) es posible determinar las localidades exactas donde existen plagas. Estas posiciones son almacenadas, procesadas y ubicadas dentro del SIG.

En la Agro-industria es crucial determinar el inicio de una plaga y el momento apropiado para aplicar insecticidas o fertilizantes en el sector localizado en el campo vía GPS.

Zonas de amortiguamiento.

La generación de zonas de amortiguamiento es una operación geográfica usada para identificar áreas delimitadas por características geográficas (puntos, arcos o áreas). Por ejemplo: la inundación de un río, no tener poblaciones o zonas de cultivo a una distancia mayor de 300 metros.

6. Medición del impacto.

El impacto obtenido en fincas cuya adquisición de GIS y GPS, conllevará a las siguientes ventajas:

1. cada una de las características geográficas de interés para el usuario, puede asociarse información a cada uno. Por ejemplo: la identificación de ríos puede asociarse información acerca del nombre de éste y si el agua es potable o no;
2. visualización gráfica con posicionamiento georeferenciado a nivel mundial de la finca o la serie de fincas, además con información asociada a cada cobertura;
3. visualización detallada con información geográfica y agrícola de cada una de las fincas o áreas pequeñas a revisar dentro del área de estudio. Por ejemplo: visualización de algunas fincas de la Costa Sur, a partir de la presentación geográfica con todas sus coberturas (ríos, poblados o ciudades, distintos tipos de carreteras) de Guatemala;
4. capacidad de conexión de un sistema de información geográfico a una base de datos relacional en cualquier ambiente, en sistemas personales o ambientes multi-usuarios. La interconectividad que pueden tener estos dos sistemas informáticos hace que SIG tenga información actualizada a cada momento, trabajando éstos de manera independiente. Esta conexión va a ofrecer al usuario no uso de papeles o formas dibujadas de las áreas de la finca y listados de reportes de información de manera separada;
5. con dispositivos GPS, se pueden hacer mediciones en el campo, en el cual puede modificar el sistema de información geográfico. Por ejemplo: identificación de puntos donde existen enfermedades;
6. impresión de mapas con vistas y coberturas específicas, acordes a las necesidades del usuario;
7. capacidad de hacer análisis y emisión de reportes con la información interrelacionada ofrecida por un RDBMS (sistema manejador de bases de datos relacionales) como por el SIG. Por ejemplo: visualización de las áreas que presentan una población de langostas, superior a 100 para cada uno de los pantes o creación de zonas de amortiguamiento;
8. al igual que un RDBMS, la modificación de la información geográfica se hace de manera amigable al usuario.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE LOS AMIGOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

7. Conclusiones.

1. Los Sistemas de Información Geográficos representan poderosa herramienta en el manejo de información geográfica y, que ofrece la integración con bases de datos relacionales en cualquier plataforma. Existen diversas formas de alimentar la base de datos geográfica como lo es digitalización y fotografías aéreas. Además, pueden realizarse consultas de una manera sencilla y de forma interactiva entre el computador y el usuario puede imprimir estos resultados con la información geográfica deseada.
2. Los receptores GPS están enmarcados en el mapeo de campos, establecen puntos de control y definición de características relacionadas al suelo y la cosecha en fincas.
3. La tecnología SIG puede asistir en modelados espaciales para estimar la producción de caña o la variación de clima en grandes extensiones de tierra. La mayor parte de información en el modelado de cosechas o temperaturas puede ser almacenada en un SIG y puede hacerse funcionar de acuerdo a un patrón espacial. La tecnología GIS puede ser usada para proveer la información de entrada necesaria para el modelo e interpretar los resultados de estas actividades.

8. Recomendaciones.

1. Con las características antes mencionadas, es posible implementar esta nueva tecnología en Guatemala debido a que se aceleraría el proceso de toma de decisiones para los gerentes con información actualizada y amigable para el usuario y éste también puede observar y hacer análisis o consultas de la información de cualquier característica geográfica, a la vez.
2. El campo de acción para aplicar esta tecnología en Guatemala incluye catastro, fincas, control de plagas, control de bosques tropicales, control de ruinas arqueológicas, ingenios, monitoreo de polución de agroquímicos, erosión de suelos, polución del agua por desechos urbanos e industriales y sus afluentes.

9. Anexos.

9.1 Sistema de coordenadas para una base de datos con múltiples coberturas.

Sistema de coordenadas reales mundiales.

La mayoría de mapas despliegan información en un sistema de coordenadas globales reconocidas; por ejemplo, Universal Transverse Mercator(UTM), Albers Conic Equal-Area y el sistema de coordenadas Polar Stereographic. Estas, son ejemplos de proyecciones de mapas usados para representar características geográficas esféricas en una superficie plana. Una proyección es usada para asegurar que una relación conocida entre localidades de un mapa y su posición real sobre la Tierra.

Latitud-longitud.

Este sistema puede ser usado para identificar localidades de puntos en cualquier parte en la superficie terrestre. Latitud y longitud son ángulos medidos del centro de la Tierra a un punto en la superficie de la misma. Latitud y longitud son medidos en grados, minutos y segundos.

Latitud-longitud, es un sistema de referencia geográfica - no un sistema de coordenadas de dos dimensiones planas. Por ejemplo, un grado de longitud en el ecuador son 111 millas de largo, pero, el largo de un grado de longitud en el Polo Norte o Polo Sur converge a 0. Este sistema mide ángulos del centro de la Tierra, en lugar de distancia en la superficie terrestre, éste no es un sistema de coordenadas planas.

Proyecciones de mapas.

Desde que la Tierra es un esferoide, conversiones matemáticas deben ser usadas para crear un mapa plano de una superficie esférica. Esta conversión matemática es comunmente referida como proyecciones de mapas.

Tenemos que tomar en cuenta, lo siguiente:

- cualquier representación de la superficie terrestre en dos dimensiones, siempre envuelve alguna distorsión de algún parámetro, sea forma, área, distancia o dirección;
- diferentes proyecciones producen diferentes distorsiones;
- las características de cada proyección pueden ser útiles para algunas aplicaciones y no para otras.

La proyección que se ha estado usando es UTM (Universal Transverse Mercator) los mapas cartográficos contienen estas proyecciones. Las características de estas proyecciones son:

- forma: se preserva;
- area: distorsión se incrementa del Meridiano Central;
- distancia: distorsión similar al área;
- dirección: alguna distorsión.

Además de elegir el tipo de proyección, tenemos que elegir nuestras unidades de distancia, pueden ser metros, kilómetros, millas, centímetros, pulgadas, etc.

Transformación.

Cuando un mapa es digitalizado, las coordenadas x y y son mantenidas inicialmente en medidas de la mesa digitalizadora. Para hacer esta información importante e imponer un factor de escala, es necesario convertir estas medidas en un sistema de coordenadas reales mundiales en la misma proyección que el mapa original.

Los puntos representando tics pueden ser localizados en los mapas identificando las coordenadas x y y de un sistema real de coordenadas mundiales conocidas. Estas son usualmente dadas en unidades de proyección de mapa, usualmente, en metros o pies y grados de latitud y longitud.

Para almacenar cada locación tic en las coordenadas de un mapa proyectado, el proceso de transformación convierte las medidas de la mesa digitalizadora, existentes por coordenadas reales mundiales.

10. Bibliografía

- Barnes, Scottie et.al. Mapping the future of health care.
Geo Info Systems; Vol. 4 No. 4 U.S.A.: Advanstar Communications,
February 1995.
- Blaaha, Denise et.al. Mapping urban sources of atmospheric methane.
Geo Info Systems; Vol. 4 No. 10 U.S.A.: Advanstar Communications,
October 1994.
- Cracknell, A.P. et. al. Introduction to Remote Sensing
First Edition. Great Britain: Burgess Science Press. 1991.
- Environmental Systems Research Institute. Arc Data. Satellite image data.
First Edition. U.S.A.: E.S.R.I, 1990.
- Environmental Systems Research Institute. PC Understanding GIS The Arc/Info Method.
First Edition. U.S.A.: E.S.R.I, 1990.
- Epner, Martin et.al. Competitive utility environments require total quality management techniques
GIS World; Vol. 6. No. 3 U.S.A.: GIS World, Inc., March 1993.
- Featherstone, Will et.al. Matters of gravity: the search for gold
GPS World; Vol. 5 No. 7 U.S.A.: Advanstar Communications, July 1994.
- Hurn, Jeff GPS A guide to the next utility.
First Edition. U.S.A.: s.p.i. 1989. 76 pp.
- Korte, George The GIS Book. A practitioner's handbook
Second Edition. U.S.A.: s.p.i. 1992.
- Martínez, Carlos Role of bajos at mayan archeological sites in northeastern Petén, Guatemala
Tesis. Missisipi State University. December 1991.
- Miller, Frank Ground truthing with GPS in Guatemala.
GPS World; Vol. 3 No. 9 U.S.A.: Advanstar Communications, September 1991.
- Nash, Dave et.al. Surveying Kazakhstan's Rich Resources with GPS
GPS World; Vol. 6 No. 2 U.S.A.: Advanstar Communications, February 1995

- Peterson, John L. Teeth in the wind.
Geo Info Systems; Vol. 5 No.2 U.S.A.: Advanstar Communications,
February 1995
- Solano, Emilio J. Los Angeles county begins long-term conversion of assessor's property records
Geo Info Systems; Vol. 2 No. 1 U.S.A.: Advanstar Communications,
January 1992.
- Ward, Leslie I. et.al. To Save a Species: GIS for manatee research and management
GIS World; Vol. 6. No. 8 U.S.A.: GIS World, Inc., August 1993.
- Wells, David Guide to GPS Positioning
Second Edition. Canada: University of New Brunswick Graphic Services, 1987.
- Wendling, Marc A. et.al. Rad Rover: GPS visits the hot spots
GPS World; Vol. 5. No. 5 U.S.A.: Advanstar Communications, May 1994.
- Withley, David L. et.al. Use a GIS 'Melting pot' to assess land use suitability
GIS World; Vol. 6. No. 7 U.S.A.: GIS World, Inc., July 1993
- Wilkie, Cliff A line in the sand: Kinematic survey across the Arabian Peninsula
GPS World; Vol. 4. No. 5 U.S.A.: Advanstar Communications, May 1993.