

25  
Zej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLAN**

**“INTEGRACION DEL SISTEMA DE CONTROL  
SUPERVISORIO Y ADQUISICION DE DATOS  
(SCADA) Y EL SISTEMA DE INFORMACION  
GEOGRAFICA (SIG)”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A :  
**JOSE ARTURO / GARMILLA ROJON**

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

271765



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E.

ATN.: Q. M. DEL CARMEN GARCIA MIJARES  
JEFE DEL DEPARTAMENTO.

Con base al articulo 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a Usted que revisamos el TRABAJO de Tesis con el nombre de:

"Integración del sistema de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA) y el sistema de información geográfica (SIG)".

que presenta el pasante: GARMILLA ROJON JOSE ARTURO con número de cuenta : 9256614-5 para obtener el Título de :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izc., México, a 28 de Octubre de 1998

Presidente ING. JOSE LUIS BUENROSTRO RODRIGUEZ

Vocal ING. JORGE BUENDIA GOMEZ

Secretario ING. JUAN GONZALEZ VEGA

1er. Sup. ING. MARGARITA LOPEZ LOPEZ

2do. Sup. ING. ROGELIO RAMOS CARRANZA

7 11 / ENE / 99  
28/10/99  
11 / ENE / 99  
28-ENE-99  
11 / ENE / 99

## AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A DIOS Y A LA VIRGEN DE GUADALUPE. Que me han dado la oportunidad y fortaleza de estudiar, culminando los estudios, y prestándome la vida necesaria para hacer su voluntad.

A LA UNAM Y AFS-C. Por permitirme estudiar y formarme con el espíritu universitario en sus aulas.

AL ING. JUAN GONZÁLEZ NEGA. En su valerosa asesoría en el desarrollo y apoyo de esta tesis.

A MAESTROS Y JURADO. Por su tiempo y dedicación a mi formación profesional, así como a la colaboración de este trabajo.

A MI PADRE Y MADRE. Rufino Garmilla Collado y María del Carmen Rojón Collado. Que me han dado su cariño, apoyo, comprensión y formación para ser una mejor persona cada día reciban este trabajo como una pequeña muestra de agradecimiento. Gracias.

A MIS HERMANOS. Luis y Cecilia. Por su tolerancia y consejos que me han dado.

A MIS TIOS. Por el apoyo que nos han dado todo estos años.

A LA SRA. EDITH JONES GALLARZO, EDITH RAMÍREZ JONES Y JESÚS CONDE. J. No hay palabras para agradecerles su gran amistad, estímulo y apoyo en todo momento. Gracias.

AL ING. OSCAR DÍAZ LÓPEZ Y COMPAÑEROS EN PEMEX. Por su valerosa información y aporte en este trabajo y amistad que me dieron en el trabajo y fuera de él.

A MIS COMPAÑEROS. ROBERTO HINOJOSA, VÍCTOR MONTES DE OCA Y JOSÉ ANTONIO DURÁN. Por su amistad mostrada dentro y fuera de las aulas.

INDICE.	PAGS.
TITULO	1
OBJETIVO	1
INTRODUCCIÓN	1 - 3
I.- SISTEMA CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISIÓN DE DATOS.	4 – 16
1.1 QUE ES UN SISTEMA SCADA.	8
1.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.	9
1.2.1 LAS UNIDADES REMOTAS (RTU).	9
1.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS RTU's POR SU CAPACIDAD.	11
1.2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS RTU's POR LA CANTIDAD DE ENTRADAS Y SALIDAS.	11
1.2.1.3 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RTU's.	12
1.2.2 LA ESTACIÓN MAESTRA (MTU).	12
1.2.3 EL SISTEMA DE COMUNICACIONES.	14
1.3 OBJETIVOS GLOBALES.	16
II.- CONCEPTOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, CARTOGRAFÍA DIGITAL Y GEOMÁTICA.	17 – 59
2.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	17
2.2 UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	21
2.2.1 ¿QUÉ ES? Y ¿QUÉ NO ES?.	21
2.2.2 COMPONENTES DE UN SIG.	23
2.2.3 CONVERSION.	24
2.2.4 BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS.	28
2.2.5 ANÁLISIS ESPACIAL.	35
2.3 CARTOGRAFÍA DIGITAL.	41
2.3.1 ELEMENTOS CARTOGRAFICOS.	41
2.3.2 ESTRUCTURA DE DATOS.	45
2.3.3 BASE DE DATOS CARTOGRAFICOS.	56
2.4 GEOMÁTICA.	57
2.4.1 PERCEPCIÓN REMOTA (GPS).	58
III. EL SISTEMA SCADA (MODELO CONCEPTUAL).	60 – 77
3.1 GENERALIDADES.	60
3.2 MODELO CONCEPTUAL.	62
3.2.1 COMPOSICIÓN DEL SCADA POLVM.	64
3.2.2 CENTRO DE CONTROL PRINCIPAL.	64
3.3 ADQUISICIÓN DE DATOS.	66
3.3.1 FLUJO DE DATOS.	66
3.3.2 DEFINICIÓN DE SEÑALES.	75
3.4 EL SISTEMA DE COMUNICACIONES.	76
3.4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES.	76

IV.- MODELO PROPUESTO (INTEGRACIÓN).	78 – 87
4.1 OBJETIVOS Y METAS.	78
4.2 MODELO CONCEPTUAL.	80
4.3 SUBSISTEMAS.	82
4.4 PRINCIPALES COMPONENTES.	83
4.5 INFRAESTRUCTURA PARA LA ADQUISIÓN DE DATOS.	84
4.5.1 HARDWARE.	84
4.5.2 SOFTWARE.	84
4.6 INFRAESTRUCTURA INFORMÁTICA PARA EL SIG.	84
4.6.1 HARDWARE.	84
4.6.2 SOFTWARE.	84
4.7 GENERACIÓN DE LA INTEGRACIÓN.	85
V.- JUSTIFICACIÓN DEL SIG.	88 – 98
5.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.	88
5.2 BENEFICIOS.	88
5.2.1 CUANTIFICABLES EFICIENCIA EN PRÁCTICAS COMUNES, Ó BENEFICIOS QUE REFLEJAN MEJORAMIENTO DE PRÁCTICAS EXISTENTES.	90
5.2.2 CUANTIFICABLES CAPACIDADES EXPANDER, Ó BENEFICIOS PROMETEN SUMAR CAPACIDADES.	94
5.2.3 CUANTIFICABLES EVENTOS IMPRDESCIBLES, Ó BENEFICIOS QUE RESULTAN DE EVENTOS IMPRDESCIBLES.	96
5.2.4 INTANGIBLES BENEFICIOS, Ó BENEFICIOS QUE PRODUCEN VENTAJAS INTANGIBLES.	97
5.2.5 CUANTIFICABLES VENTAS DE INFORMACIÓN, O BENEFICIOS QUE RESULTAN DE LA VENTA DE SERVICIOS DE INFORMACIÓN.	98
c.- CONCLUSIONES.	99
VI.- GLOSARIO.	100-121
VII.- BIBLIOGRAFIA.	122
ESQUEMAS (FIGURAS).	
1.-CICLO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	23
2.-LAS DIFERENTES FUENTES DE INFORMACIÓN PARA EL SIG.	28
3.-COMPOSICIÓN DE LA BASE DE DATOS DE UN SIG.	29
4.-TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE DATOS DE UN SIG.	30
5.-LOS DIFERENTES TIPOS DE ELEMENTOS GRÁFICOS EN LA DESCRIPCIÓN DE MAPAS.	31
6.-TIPOS DE INFORMACIÓN NO GRÁFICA.	32
7.-MODELOS BÁSICOS DE DATOS.	34
8.-SOBREPOSICIÓN DE LAYERS.	37
9.-CREACIONES DE DIFERENTES ELEMENTOS CON BUFFERS.	39
10.-REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS CON ESTRUCTURA VECTOR.	46
11.-LA ESTRUCTURA TOPOLÓGICA.	48
12.-COMPARACIÓN DE LA REPRESENTACIÓN ENTRE RASTER Y VECTOR.	52
13.-LOS LAYERS EN LOS SIG.	56
14.-LA GEOMÁTICA.	58
15.-MODELO CONCEPTUAL DEL SCADA DEL VALLE DE MEXICO.	63
16.-FLUJO LÓGICO DE DATOS EN SCADA.	69
17.-FLUJO FÍSICO DE DATOS SOBRE LAN PRIMARIA.	70
18.-SUBSISTEMAS	79
19.-MODELO CONCEPTUAL	80
20.-UBICACIÓN DEL SADTRIC.	81
21.-LOS SUBSISTEMAS.	82
22.-COMPONENTES DEL SISTEMA.	83
23.-SISTEMA GENERALIZADO SCADA.	85
24.-INTEGRACIÓN SIG – SCADA.	86
25.-INTEGRACIÓN TOTAL SIG – SCADA.	87

## TITULO

Integración del sistema de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA) y el sistema de información geográfica (SIG).

## OBJETIVO

Proponer a la Subdirección de Distribución de PEMEX Refinación, un modelo conceptual para la integración de los sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA) y el Sistema de Información Geográfica (SIG).

## INTRODUCCIÓN

Con base al análisis de las necesidades de información que se requiere dentro de la industria, para su toma de decisiones, el presente trabajo propone un modelo conceptual que permita integrar dos fuentes importantes de información, por una parte, los sistemas de control supervisorio y adquisición de datos, fuente importante de información generada minuto a minuto a través de la operación de las empresas, y por otra parte, los sistemas de información geográfica, herramienta moderna que nos permite correlacionar las ciencias de la tierra con la operación automatizada de las empresas.

Para el caso específico que nos permitimos revisar, se trata de integrar el Sistema de control supervisorio y adquisición de datos del Valle de México, perteneciente al Sistema Nacional de Ductos de la Subdirección de Distribución de Pemex Refinación, que es la entidad encargada de llevar los productos petrolíferos crudos y refinados por medio de su infraestructura instalada: los ductos y los buquetanques.

De los pozos, refinerías y plantas de tratamiento se obtienen diversos productos que transportan por ductos o tuberías a las terminales de almacenamiento y distribución. Estos ductos se han venido construyendo bajo la conveniencia de hacer circular los productos petrolíferos a menor costo, sin mermas por derrama y con un mínimo de riesgo tanto para el producto como para la seguridad de los trabajadores.

Los ductos son las arterias ocultas en la tierra por donde circulan los millones de litros de hidrocarburos en todas sus modalidades: crudos, gases, refinados y petroquímicos, unos para su transformación, otros listos para su consumo.

Las tuberías se tienden salvando los obstáculos topográficos que condicionan el trazo, contándose entre los más comunes los ríos, lagunas, pantanos, barrancas, canales, carreteras y vías de ferrocarril. En cada caso se estudia concienzudamente la clase de tendido a realizar, que puede ser enterrado, subfluvial o aéreo. Normalmente los tendidos son subterráneos señalándose la línea de tendido con unos letreros amarillos que indican la zona de precaución, en la cual no debe haber excavación alguna ni ningún tipo de instalaciones.

Para asegurar su resistencia a los diversos agentes que pueden causar su deterioro, los ductos se revisten con alquitrán de hulla, fibra de vidrio y felpa de asbesto. Con ello se evita la corrosión. El espesor de estos recubrimientos varía entre 2 y hasta 48 pulgadas, según los usos, las condiciones geográficas y el clima del lugar.

Los cruzamientos subfluviales se tienden a suficiente profundidad para evitar las erosiones propias del lecho del río, lastrándose para mantener la tubería sumergida. Los cruzamientos aéreos se construyen con orugas de dilatación, antes y después del cruce, para absorber las elongaciones y contracciones de la tubería expuesta a los cambios de temperatura.

En el trayecto del tendido se instalan estaciones de bombeo, provistas de instrumentos de control y sistemas de seguridad para impulsar los hidrocarburos a su destino.

La importancia de este sistema de transportación de los petrolíferos se muestra por el hecho de que en 1983, el crudo entregado a través de ductos a las diversas refinerías del país, fue de 1 millón 73 mil barriles diarios y el gas que transportaron los gasoductos, para la venta interior y consumo propio de PEMEX, ascendió a 2 mil 622 millones de pies cúbicos diarios. Este medio de distribución eliminó teóricamente, el transporte de crudo por cabotaje.

Con una red actual de ductos de 13,000 kilómetros de extensión, la empresa transporta diariamente casi el total de su producción de crudo, petrolíferos y petroquímicos. Para el desplazamiento de estos volúmenes trabajan más de 70 estaciones de compresión y bombeo, mecanismos atendidos de cuatro mil especialistas y obreros.

Los principales retos a los que se enfrenta la Subdirección de Distribución son:

- Red dispersa, antigua y afectada por problemas socioeconómicos relacionados con el respeto a los derechos de vía y a la extracción ilegal.
- Optimización de la red de distribución para minimizar costos.
- Prácticas operativas, tanto en distribución por ducto como en transporte marítimo con oportunidad de mejora.
- Rezago comparativo en seguridad industrial y protección ambiental.

Estos retos son la contribución directa de la Subdirección de Distribución hacia el Plan de Negocio de PEMEX Refinación, Retos y Prioridades.

Este proyecto pretende apoyar las estrategias que ha marcado PEMEX Refinación en su concepción del negocio y en el cual se ven inmersas las actividades propias de la Subdirección de Distribución.

A continuación, los primeros dos capítulos haremos una revisión de los conceptos fundamentales de la teoría de ambos sistemas, el sistema de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA) y el sistema de información geográfica (SIG).

## **I.-SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS.**

La expresión 'supervisory control and data acquisition systems' o la sigla más prevaliente, SCADA, describe varias unidades remotas terminales (RTU's) instaladas en un poliducto o en plataformas costeras las cuales se comunican con una Estación Maestra Computadora localizada en el centro del cuarto de control de mando. Una RTU es un microordenador sistema basada en sistemas con analogías en entradas y salidas digitales comunicándose a la instrumentación y sistemas de control en esta Estación Remota. Cada RTU provee datos adquiridos a la Estación Maestra, el sistema usa una técnica de transmisión de datos generalmente único a este sistema suplente. La Estación Maestra, bajo el software de control habilita continuamente adquisición de datos de todas las localizaciones remotas RTU's y suplentes controles remotos capacitadas.

Cuando inician por el sistema operativo. La Estación Maestra adquiere datos es mostrada al sistema operativo o "vdus" colorido usa un esquema de despliegue con facilidad y relacionada a gráficas y también provee capacidad de la copia impresa de los datos en una base regular.

Poliductos de petróleo/gas, plataformas costeras y aplicaciones del sistema SCADA envuelven la integración de varios tipos de instrumentos transmisores como transmisores y controladores de presión, turbinas o de desplazamiento positivo, dispositivos de medición de fluidos en poliductos líquidos, orificios medidos en poliductos de gas natural, monitoreando niveles e inventariando controles de tanques, puentes de poliductos o válvulas balón y varios tipos de control de válvulas.

Todos estos dispositivos son interconectados al sistema SCADA proveyendo adquisición de datos y capacidades de control remoto en el cuarto de control. Datos operacionales desplegados en un formato consistente, como cada hora, diariamente, o cantidad de reportes necesarios. La capacidad de control remotos generalmente provee inicios y paradas de control de bombas y abrir y cerrar controles de válvulas. Parámetros operacionales como condiciones de presión y fluidos, pueden ser controlables remotamente por la operadora central vía el sistema SCADA como estos poliductos o plataformas costeras operacionales pueden ser monitoreadas rutinariamente para saber las condiciones o pueden ser reguladas a operaciones optimas condiciones con los limites de seguridad establecidos para las facilidades de monitoreo.

Basado en la adquisición de datos de los poliductos por el sistema SCADA, operadores pueden iniciar inmediatamente acciones correctivas cuando alarmas sor reportadas o

pueden hacer ajustes en procesos cuando las condiciones de fluidos o presiones garantizan como cambios operacionales, de esta forma la operación del sistema SCADA provee monitoreo centralizado y control tradicional de lazo abierto. Esto es un operador analiza las condiciones reportadas para establecer el curso requerido de acciones basadas en prevalecer condiciones. El operador debe tener entrenamiento en la responsabilidad de correcciones de procedimientos y tener una extensa experiencia en hacer sus decisiones ya que dependerán en muchos poliductos largos aplicaciones SCADA, esto es, esas coberturas en redes externas de estaciones de bombeo y terminales, el operador tendrá simuladores de poliductos diseñados para acrecentar y verificar sus decisiones hechas por el operador en procesos. Propone escenarios operacionales que pueden ser programables y determinar la responsabilidad sobre un periodo corto de tiempo. Basado en bastantes simulaciones calculadas como en condiciones actuales en línea.

Utilizaciones futuras de sistemas expertos de software basados en técnicas de inteligencia artificial pueden posibilitar ser aplicadas a mantener a los operadores como el último eslabón de todas las acciones de control. Aunque ese sistema de software especialista reemplazara a un buen operador con experiencia.

Funciones de control automático son altamente integrables dentro de poliductos y estaciones de bombeo, sistemas de apagado como los de plataformas que son sistema de emergencia apagables. Estas facilidades son diseñadas para ser localizable su protectividad para ambos el personal y el medio ambiente. Ejemplos de estos cierres automáticos son los controladores de descarga de presión alta en una bomba y presión alta en una plataforma costera.

El sistema SCADA reporta datos que pueden proveer entradas de datos en sistemas de información donde diariamente o por lotes a través de salidas de ductos cadencias de flujo, totales, etc. Y tanques inventariados se informan volúmenes automáticamente o a través de una copia impresa del proceso de datos. Contabilidad del producto inventariado que se entregó. Una tal complejidad resueltos por la aplicación del sistema SCADA es la contabilidad de un lote de producto enviado de una refinería en una red de ductos pero encima a 5 puntos de entrega, en la rama del ducto, del mismo lote.

Información del manejo al día exacto basado en adquisición de los datos de tiempo real deja para optimizar funcionamientos de poliductos y deja manejo costo efectivo en vigor de recursos disponible tanto tanques, bombas, etc. Optimización de la cresta de tiempo del

consumo de la electricidad por mando en vigor de bombas de poliductos proveyendo un ahorro substancial en la energía eléctrica.

Otro no tangible beneficio es realizado de la eficiencia y fiabilidad de las operaciones. Propiamente el diseño del sistema SCADA, con el involucramiento del diseño del operador, puede implementar esquemas de control lógico evitando la mezcla de diferentes lotes de productos en un tanque. Esta costosa catástrofe envuelve la pérdida de los dos productos (si no son recuperables) más la pérdida operacional del tanque también los costos inmediatos en el manejo de la deteriora mezcla.

Termino largo de análisis operacional pueden ser ejecutados una vez que cantidades grandes de datos son disponibles por el sistema SCADA o la base de datos de la computadora del poliducto. Este análisis puede ser concebido como primacia en la mejora operacional.

En tierra o plataforma operaciones de producción, las aplicaciones del sistema SCADA pueden ser efectivas en minimizar el costo operacional por la rápida determinación y localización de problemas de producción en pozos con el resultado neto en un incremento de la eficiencia operacional.

Secuencias locales y control de protección pueden ser implementadas para proveer apagado de bombas durante condiciones de bombas apartadas. Donde hay levantamiento de gas, inyección de agua u otros sistemas secundarios de recuperación son implementados, entonces aplicaciones del sistema SCADA pueden asistir en hacer estos sistemas de recuperación más eficientes. Para optimización de requerimientos de alzamientos de gas ó inyección de tasas de agua, para resultados de la mejora de producción de aceite, se pueden obtener substanciosos incentivos económicos con aplicaciones SCADA.

Exitosas aplicaciones del SCADA dependen en utilizar proveedores tecnológicos para establecer sustitutos y por la fácil implementación de programas de entrenamiento para operadores, técnicos de mantenimiento e ingenieros. El proveedor del sistema apoya durante la instalación y su comisión puede ser crítico y utilizar este soporte a través del trabajo de entrenamiento no debe ser considerado una pérdida costosa. Se deben dar énfasis a funcionamientos de hardware y entrenamiento de software muy temprano en cualquier programa de la instrucción del sistema SCADA.

La experiencia en aplicaciones del sistema SCADA indican beneficios económicos son factibles para reducir producción o estaciones de bombeo fuera de tiempo, por ejemplo

precisar, localizar e identificar problemas en segundos. Esta mejora de disponibilidad en sistemas operacionales se pone en correlación directamente con una mejora en eficacia operacional.

Por tener adquisición de datos fiable y capacidad del mando remota, más eficaz es la mano de obra disponible uno se puede dar cuenta de nuevo en la rentabilidad de la corporación. Rasgos de la seguridad, de acuerdo con las agencias reguladoras, se pueden incorporar un reforzamiento de la seguridad del personal tan satisfactorio como del medio ambiente y la población.

La mejora de datos y manejo de información deja por beneficios económicos en el corte de la contabilidad y hasta arriba la facturación. El flujo del dinero efectivo de la corporación puede ser utilizado para mejorar facturas generadas, más que si los datos fueran adquiridos a mano de cada localidad remota. Conexiones de la computadora de datos procesados con las computadoras del sistema SCADA y a sistemas de computadoras de clientes grandes, pueden realizarse en poco tiempo el traslado de la contabilidad después de la realización de la transacción de un lote o una base diaria.

Es un hecho infortunado en la historia que algunas aplicaciones del sistema SCADA han sido infructuosas. Esto destruye credibilidad en aplicaciones futuras y detiene a muchas compañías de segar los beneficios económicos asociadas con las aplicaciones satisfactorias del sistema SCADA. Un área de mayor problema ha sido la falta de capacidad de la integración de los sistemas de control instrumental con ingenieros y programadores responsables de las aplicaciones del sistema SCADA y la falta de comprensión de las capacidades del sistema SCADA por otras disciplinas de ingeniería, operadores de la producción y los que manejan la compañía.

Se requiere un conocimiento completo de cada aspecto del funcionamiento. Este requisito aplica a la facilidad de la producción, el perfil hidráulico del ducto, presión, temperatura, flujo y nivel medido, y al equipo electrónico que la base de la medición y el control supervisorio y adquisición de datos de los sistemas.

La efectividad del sistema de control de la producción es sólo tan buena como los requisitos siguientes:

- La instrumentación en el cual sus entradas son medidas de la línea real dentro del contador y sistemas de adquisición de datos.

- El equipo el cual afecta el final de la acción de control como seleccionado por el operador a la localidad del mando céntrico.
- El contador del equipo el cual aumenta datos de flujo, presión y temperatura; computa el aceite/gas de la producción total; y el precio total del flujo dentro y fuera de la red de poliductos.
- El sistema de control supervisorio y adquisición de datos el cual adquiere datos cada pocos segundos, y provee capacidad de telemando fiable.
- Los ingenieros, diseñadores y técnicos que planean, instalan y verifican la instrumentación, contadores y sistemas supervisorios.
- Los ingenieros, técnicos y operadores que operan y mantienen todos los sistemas en un exacto modo de funcionamiento.

Este requisito del conocimiento envuelve a ambos el hardware y el software tan satisfactorio como un factor del personal que esta completamente dependiente sobre la comprensión individual del diseño del sistema. La comprensión del concepto del diseño del sistema total es un requisito imperativo por todo el personal envuelto en la implementación la instrumentación, sistema de control, medición y sistemas de control supervisorio. Estos requisitos se aplican igualmente al personal de ingeniería inicial, como tan bien a los operadores de campo y personal de mantenimiento que tienen la facilidad de monitorear como el petróleo o gas de un ducto, o la producción de plataformas costeras. Estos requisitos aplicados igualmente para sistemas SCADA en aplicaciones en el Golfo de México, Mar del Norte, en el Este Medio, el Mar de Java (Indonesia) y otras localidades del mundo.

## 1.1 QUE ES UN SISTEMA SCADA.

**Sistema:** *Es un conjunto de componentes que interaccionan entre si para lograr un objetivo común.*

Todo sistema organizacional depende, en mayor o menor medida, de una entidad abstracta denominada sistema de información. Este sistema es el medio por el cual los datos fluyen de una persona o departamento hacia otros y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización y líneas telefónicas hasta

sistema de cómputo que generan reportes periódicos para varios usuarios. Los sistemas de información proporcionan servicio a todos sus componentes en forma tal que éstos trabajen con eficiencia para alcanzar el mismo objetivo.

Para alcanzar sus objetivos, los sistemas interactúan con su medio ambiente, el cual está formado por todos los objetos que se encuentran fuera de las fronteras de los sistemas. Los sistemas que interactúan con su medio ambiente (reciben entradas y producen salidas) se denominan sistemas abiertos. En contraste, aquellos que no interactúan con su medio ambiente se conocen como sistemas cerrados. Todos los sistemas actuales son abiertos. Es así como los sistemas cerrados existen sólo como un concepto.

El nombre SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) se aplica a sistemas de control en los que el proceso está disperso en una amplia superficie geográfica: cubriendo desde algunas decenas de kilómetros hasta subcontinentes enteros, cruzando varios países. Los sistemas SCADA se utilizan en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural, subterráneos, etc.

## **1.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.**

Un sistema SCADA consta de 3 partes fundamentales:

### **1.2.1 LAS UNIDADES REMOTAS (RTU).**

Las unidades remotas, o Remote Terminal Unit (RTU); reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control. Un sistema SCADA puede tener decenas de RTU's, distribuidas en una amplia superficie geográfica. En forma periódica son interrogadas por la Estación Maestra. Pueden tener capacidad de control, o no.

Las funciones básicas de la RTU son la recolección de la información suministrada por los sensores conectados al proceso, el comando de elementos finales de control que actúan sobre el mismo (tales como válvulas y motores), y la comunicación con la Estación Maestra.

En los primeros sistemas SCADA (alrededor de los años '70) las RTU sólo aceptaban un reducido número de funciones prefijadas. La introducción de los microprocesadores en su diseño significó una nueva generación de RTU's, con mayor inteligencia local, capacidad y funcionalidad.

En resumen, una RTU debe cumplir con las siguientes funciones:

- Actualizar el valor de las entradas/salidas a intervalos prefijados. El proceso de actualización se realiza en un ciclo de barrido ó scan. Consiste en leer la información de las señales de entrada, digitalizarla, procesarla (por ejemplo linealizarla), y volcarla a la memoria de la RTU. Inversamente, la información de la memoria será volcada a las salidas de la RTU.
- Señales de Entrada Analógica (A/D). La conversión de señal analógica a señal digital, es la función que convierte un voltaje analógico o corrientes en información digital. La conversión es necesaria para facilitar a la computadora el procesar o guardar señales.
- Señales de Salida Analógica (D/A). Lo opuesto a la conversión de analógico a digital es la conversión (D/A) analógica. Esta operación convierte la información digital en voltaje o corriente analógica. Los dispositivos (D/A) permiten a la computadora controlar los eventos del mundo real.
- Entrada y Salida Digital. Las funciones de entrada y salida digital son muy útiles en las aplicaciones como el monitoreo del estado de los contactores (switches), botones de controles industriales on/off y comunicaciones digitales.
- Contador o reloj (timer). Son usadas para conteo de eventos, monitoreo de flujos, conteo de frecuencias, ancho de pulsos o medición de periodos de tiempo, etc.
- Responder a los requerimientos de la Estación Maestra. Por ejemplo, la Estación Maestra puede enviar un mensaje solicitando se le informe el estado de las entradas, a lo que la RTU responde con un mensaje que contiene la información.
- Detectar estados de alarma de procesos, y acumularlos en la memoria para reportarlos a la Estación Maestra cuando le sean solicitados.

Algunas funciones adicionales que pueden estar disponibles son:

- Capacidad de control regulatorio, secuencial, y lógico.
- Capacidad de cálculo local, por ejemplo, compensación de caudal de gas por presión y temperatura según la norma AGA3. En este caso, la RTU podría reportar el caudal de la presión manométrica y la temperatura. Se disminuye así la carga de la Estación Maestra, y el tráfico en el sistema de comunicaciones.
- Posibilidad de tomar acciones definidas en caso de falla de comunicaciones.

Las RTU's se pueden clasificar según distintos criterios:

#### **1.2.1.1 CLASIFICACIÓN POR SU CAPACIDAD.**

En alguna medida, las funciones arriba detalladas permiten agruparlas en RTU's "tontas e inteligentes":

- RTU's "tontas": no poseen capacidad alguna, más allá de la capacidad de actualización de las variables de proceso, la comunicación con la Estación Maestra, y la modificación de salidas en función de comandos de la Estación Maestra.
- RTU's "inteligentes": Poseen capacidad de control y/o cálculo, almacenamiento de variables de proceso, etc.

Esta clasificación refleja el estado de la técnica a comienzos de los '80, cuando aparecieron las primeras RTU's inteligentes. Actualmente, la gran mayoría de las RTU's tienen algún grado de inteligencia, difiriendo principalmente en su capacidad de procesamiento y su capacidad de almacenamiento de datos históricos.

#### **1.2.1.2 CLASIFICACIÓN POR LA CANTIDAD DE E/S.**

Como todas las clasificaciones basadas en la cantidad de E/S, son frecuentes las excepciones. Aún así, se pueden establecer tres grupos, con características distintivas:

- RTU's pequeñas: Tienen hasta 100 entradas/salidas. Las bomeras de conexión, CPU, memoria, modem, radio, etc. están integrados en una única plaqueta, en una arquitectura rígida no modular. Como consecuencia, tienen una estructura fija de entradas/salidas. Pueden incluir en forma opcional la capacidad de control regulatorio, secuencial, algoritmos AGA de compensación de mediciones de caudal, etc.
- RTU's medianas: Con una cantidad de hasta 500 E/S, estas RTU's cuentan con una arquitectura modular que permite ajustar la cantidad y tipo de E/S a las necesidades del proyecto. Generalmente tienen capacidad de control PID y lógico.
- RTU's grandes: Con más de 500 E/S, estas RTU's generalmente tienen mayor capacidad de cálculo, y redundancias a distintos niveles.

### 1.2.1.3 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RTU's.

Normalmente las RTU's se instalan en lugares apartados, debiendo soportar las inclemencias del tiempo. Por tal motivo, hay aspectos que deben ser tenidos en cuenta:

- Los gabinetes deben ser aptos para intemperie (por ej. , Según normas NEMA 4 ó IEC IP55). En general, es preferible montarlos en áreas clasificadas desde el punto de vista eléctrico. Si esto no es posible, deberán utilizarse gabinetes adecuados para la clasificación de seguridad eléctrica del área, pudiendo requerirse que sean a prueba de explosión.
- El sistema de alimentación deberá ser confiable. En algunos lugares se dispone de una alimentación eléctrica que no es confiable. En tal caso, se utiliza una batería para permitir la operación de la RTU en caso de falla de la alimentación. También es posible que no exista electricidad en la localización de las RTU. Se utilizan entonces paneles solares como fuente de alimentación. En este caso se requiere que el consumo de la RTU sea bajo, de otra manera, serían necesarios paneles solares grandes y costosos. Para una RTU pequeña, el consumo puede ser inferior a 2 W.
- La electrónica deberá soportar temperaturas extremas. Tanto en lugares fríos como calientes. Algunas RTU's soportan especificaciones de temperaturas ambientales tan extremas como a -20° a + 80°C.
- Los indicadores locales permiten identificar el estado de la RTU. Estos pueden ser simples leds, o indicadores numéricos de 7 segmentos.

### 1.2.2 LA ESTACIÓN MAESTRA (MTU).

La Estación Maestra tiene como funciones:

- Obtener la información requerida de las RTU's por medio de un proceso de encuesta o "polling".
- Procesar esta información, actualizando la base de datos de control, y generando las alarmas que correspondan.
- Historizar las variables de la base de datos de control.
- Presentar esta información al operador, bajo la forma de pantallas generales (overview), mimicos, resúmenes de alarmas, gráficos de tendencias y reportes.

- En algunos casos, correr programas de aplicación especiales. (Por ej. Algoritmos de detección de fugas).
- Típicamente, la Estación Maestra es una computadora de propósito general con un sistema operativo multitarea, sobre el que se ejecutan programas de diverso tipo. El software básico debe comprender las siguientes funciones:
  - Subsistema de comunicaciones, responsable de comunicarse con las RTU's incluyendo estadísticas implementadas por medio de contadores que indican la cantidad de fallas de distintos tipos ocurridas (mensajes de los que no se recibió respuesta, mensajes que fueron mal recibidos, etc.).
  - Subsistema de administración de la base de datos, que ejecuta aquellas estrategias de control residentes en la Estación Maestra.
  - Subsistema de administración de alarmas.
  - Subsistema de interfase al operador.

Por otra parte, algunos sistemas requieren funciones adicionales:

- Historización de variables.
- Validación de datos.
- Detección de pérdidas (por ejemplo, en un oleoducto o gasoducto).
- Los sistemas operativos más usuales son UNIX, QNX, VMS, etc.
- La Estación Maestra puede estar conformada por una o varios equipos:
  - Computadora Personal PC: se utiliza en sistemas de pequeña magnitud, debido a su limitada capacidad de procesamiento.
  - Red de Computadoras Personales PC: En este caso, se distribuyen las funciones de interfase al operador, historización y ejecución de software de aplicación en varias PC's, que están conectadas en una red LAN o WAN.
  - Workstations: Se trata de una configuración similar a la de una red ó una computadora PC. Sólo que una o varias PC's son reemplazadas por workstation.
- La Workstation es una computadora de propósito general, usualmente dedicada a un único usuario, de capacidad mayor ala de una IBM PC compatible, pero inferior a la de una minicomputadora. Incluyen monitores de alta resolución, memorias RAM de al

menos 16 MB y discos rígidos de al menos 1GB Son utilizadas en aplicaciones que requieren capacidad de cálculo intenso y presentación gráfica de alta resolución, como el Diseño Asistido por Computadora (CAD) desarrollo de software, etc. Con frecuencia las workstation están basadas en procesadores RISC utilizando sistema operativo UNIX, SUN Microsystems, DEC y HP. Este tipo de computadora es requerido donde se corra software de calculo intenso, como la detección de pérdidas.

- **Minicomputadoras:** Son computadoras de alta capacidad, que soportan múltiples usuarios a través de terminales conectadas a una red. Una minicomputadora puede soportar desde 10 hasta 200 usuarios. La minicomputadora más popular es la VAX de Digital Equipment Coporatio), con sistema operativo VMS. Son utilizadas en algunas aplicaciones en donde se requiere una extremadamente alta capacidad de cálculo y administración de información.
- **Combinación de estas configuraciones con PLC's:** En algunos sistemas se asigna la responsabilidad de concentrar la información de las RTU's a un PLC o una RTU maestra. A su vez, este equipo es interrogado por una o varias computadoras, que cumplen las funciones restantes. Este esquema tiene la ventaja de utilizar un equipo industrial que dispone de opciones tales como la redundancia de procesadores, a costos relativamente bajos.

### **1.2.3 EL SISTEMA DE COMUNICACIONES.**

La columna vertebral de un sistema SCADA es un sistema de comunicaciones. Este es un recurso esencial, que debe ser muy confiable. El sistema de comunicaciones vincula a las RTU's con la Estación Maestra se puede utilizar una variedad de medios de comunicaciones, incluyendo:

- Línea dedicada.
- Línea telefónica.
- Fibra Optica.
- Teléfono Celular: Como parte de la nueva tecnología de comunicaciones; el servicio de datos celulares es muy similar al servicio de voz. Aunque sus desventajas para los servicios de tiempo real, es el tiempo que utiliza en la marcación y comunicarse alrededor

de unos 20 segundos. Sus ventajas que es perfecto para la colectar datos en redes de medición de gas.

- Radio VHF y UHF (30-300MHz y 300MHz-3GHz): Para su uso hay que investigar las condiciones de propagación en ese lugar.
- Microondas: que es la tradicional en la mayoría de los sistemas.
- Comunicación Satelital: utilizando la tecnología Very Small Aperture Transmission (VSAT).
- Modems: RS-232, RS-422/485 y el IEEE-488 GPIB(General Porpouse Interface Bus).
- La comunicación entre los RTU's y Estación Maestra también es básico usando para esta comunicación los protocolos que usualmente usan el esquema maestro-esclavo (Como se verá en el modelo conceptual del capitulo II). Entre los protocolos utilizados está el ModBus de Modicon y B-SAP; las características de estos protocolos son:
  - Reporte por excepción: Está característica hace el buen aprovechamiento del canal de comunicaciones. Una RTU sin está característica recibe (y responde) mensajes del tipo "transmitir el estado de todas las variables". De este modo, variables cuyo estado no se altero desde la última consulta son transmitidas a la Estación Maestra. En un reporte por excepción la consulta toma la forma "transmitir el estado de las variables cuyo estado cambió desde la última consulta".
  - Así se disminuye el tráfico de la red en forma significativa. En el caso de variables discretas, la RTU transmite el valor de aquellas variables que pasaron de 0 a 1, o viceversa. En el caso de variables analógicas se define una banda tal que, superara la misma se considera que la variable cambió.
  - Recepción y Reenvío de mensajes: Esta característica es particularmente útil en sistemas de gran longitud, como los oleoductos. En este caso las RTU siguen la traza del ducto y son alimentadas por paneles solares. Debido a las grandes distancias cubiertas, y a los obstáculos geográficos generalmente presentes, los mensajes deben ser retransmitidos de RTU en RTU.
  - En un protocolo maestro-esclavo normal, los mensajes son escuchados por todas las RTU's, aunque solo responderá aquella RTU a la cual esta dirigido. Esto significa que los radios del sistema de comunicaciones repiten el mensaje en todas las estaciones; por lo tanto es necesario dimensionar el panel solar de manera que soporte el

consumo de la radio (por lo tanto se necesitan paneles más grandes y costosos). Esto puede evitarse si la RTU tiene la capacidad de reenviar los mensajes en forma selectiva, es decir, reenviando sólo aquellos mensajes que no alcanzaron su destino. *Se disminuye el tiempo que están encendidas las radios de las RTU's.*

### **1.3 OBJETIVOS GLOBALES.**

La integración del SCADA y SIG tiene los siguientes objetivos generales:

- Desarrollar un sistema de monitoreo de las diferentes variables de interés para la Subdirección de Distribución; permitiendo contar con una herramienta eficiente para la planeación, control y toma de decisiones para el cumplimiento de las tareas de la Subdirección.
- Contar con la información cartográfica y su integración con la información de toda la infraestructura de transporte de los productos e insumos petroleros.
- Abrir una ventana para la aplicación de esta integración a otras áreas y organizaciones para su mejor eficiencia en sus metas.

Los objetivos específicos a alcanzar en esta integración son:

- Apoyar las actividades de control de operación y suministros de los productos de PEMEX.
- Ubicar las líneas de conducción terrestres y rutas marítimas (ductos y carreteras).
- Ubicación de terminales terrestres y marítimas.

Se tiene contemplado que el Sistema este integrado por tres subsistemas:

1. El Subsistema del Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos.
2. El Subsistema de comunicaciones y
3. El Subsistema Cartográfico.

## II.-CONCEPTOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, CARTOGRAFÍA DIGITAL Y GEOMÁTICA

Los sistemas de información son una herramienta fundamental para los tomadores de decisiones. Estos, deben proporcionar a los que toman las decisiones, la información relevante que apoye las acciones a seguir para el adecuado control de una organización o un proceso.

### 2.1. Introducción a los sistemas de información geográfica.

El dibujo de mapas a mano ha sido tradicionalmente usado, por sus características particulares, en el registro de observaciones e información a cerca de la tierra para su posterior revisión visual o simple medición. Sin embargo, la compilación y subsecuente interpretación manual de los datos del mapa ha tenido limitaciones inherentes a velocidad y volumen con la que se puede desarrollar dichas actividades. El rápido crecimiento en el uso de las computadoras para el manejo de datos geográficos, ha sido parte de las reflexiones de la sociedad, así como su tendencia tocante a su rápido incremento relativo a las herramientas de análisis de datos georreferidos.

*El primer sistema geográfico fue desarrollado a mediados de los años 60's en Canadá, posteriormente en los años 70's, las agencias gubernamentales de Estados Unidos, realizaron sus investigaciones sobre SIG como una respuesta a un nuevo conocimiento y urgencia en la gestión en el complejo medio ambiente y los conceptos de los recursos naturales. En los 80's otras naciones industrializadas con intereses similares, fueron evidentes en el inicio del desarrollo y uso de sistemas de información geográfica, tal es el caso del Reino Unido, Alemania, Francia, Noruega, Suecia, Países Bajos, Israel, Australia, Sudáfrica y U.S.S.R.(ahora Rusia) por citar algunos.*

No fue hasta algunos años atrás cuando el verdadero potencial y significado de los esfuerzos de los SIG están dando sus frutos, superando problemas de índole institucional debido principalmente a factores como la forma de trabajar, la transferencia de tecnología, asimilación de estas nuevas tecnologías y los altos costos de los SIG.

Hace cerca de 30 años, algunos geógrafos concibieron un sistema para guardar y organizar información espacial en una computadora. En la pasada década, esta tecnología a crecido para convertirse en lo que conocemos como un sistema de información geográfica (SIG).

Paralelamente en los avances de la tecnología han crecido las aplicaciones del SIG. De la cartografía de alta calidad para la planeación del uso del suelo, el manejo de los recursos naturales, bases y planeación de experimentos, contribución a los mapas, investigación demográfica, utilidades, aplicaciones en los negocios y más, el SIG promete ser una de las aplicaciones computacionales más grandes por surgir.

A continuación se da una reseña histórica del surgimiento del SIG:

### **MEDIADOS DEL SIGLO XVIII**

- La cartografía se desarrolló y el primer mapa con bases exactas se hizo.

### **A FINALES DE 1940.**

- El surgimiento de la primera computadora electrónica marcó el principio de la era de las computadoras y el tiempo de una rápida evolución para la tecnología.

### **EN 1950 Y 1960**

- Los más grandes tipos de sistemas geográficos / sistemas de planos (con capacidades gráficas), análisis orientado a sistemas (herramientas de análisis espacial) y Sistemas estadísticos (manejo de base de datos) se desarrollaron separadamente.
- Computadoras auxiliares en la tecnología de planos; que se desarrollo en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) eventualmente vino una estandarización de operaciones en la industria de la ingeniería civil.

### **DECADA DE LOS CINCUENTA**

- El primer aislado intento para automatizar temas de mapas empezó en los Estados Unidos de América, Inglaterra y otras partes del mundo.
- Botánicos ingleses preparan un atlas de flora británica uso tarjetas perforadas y una tabla modificada para producir más de 2000 mapas, realizando más entonces 30 folders ahorrando en tiempo sobre la producción manual.
- La milicia estadounidense desarrollo gráficas mostrando capacidades como parte de un experimento semiautomático de un campo de batalla (SAGE) sistema de defensa aérea, el cual convertía datos del radar en imágenes generadas por una computadora.
- F. Stuart Chapin Jr., Profesor de planeación de la Universidad de Carolina del Norte influenció el desarrollo del SIG con su trabajo en planeación del uso urbano de la tierra. El desarrollo un modelo celular numérico para información espacial y empezó y con esto el análisis de planos.

### **FINALES DE LOS CINCUENTA**

- Un estudio de transportación por la ciudad de Chicago guió hacia un desarrollo de una patrón cartográfico ordenado para la "Armour Research Foundation" retratando gráficamente el volumen de tráfico sobre ciertas rutas.

### **COMENZANDO LOS SESENTA**

- Digitalizadores y plotters vinieron haber comercialmente con terminales gráficas y minicomputadoras siguiendo después.
- En la Universidad de Washington, el Dr. Horwood y sus estudiantes desarrollaron el "tape mapping program"(programa de cinta de mapeo); como parte de un proyecto de renovación comunitario del habla; esto fue un prototipo del SIG que proveyó de herramientas para ediciones de planos de direcciones urbanas.
- El Dr. Howard Fisher del Instituto Tecnológico de Northwestern desarrollo el "Synagraphic Mapping System" o SYMAP el cual podía componerse de diversa información espacial en los mapas, gráficos u otros exhibidores visuales.
- MODELO/MAPA desarrollado en 1963 por la Asociación Regional de Columbia en Portland y transferida a la Universidad de Oregon en 1967, fue una proposición general, usada y orientada al SIG esto pudo guardarse y recuperarse información espacial y generar salidas en formato gráfico.
- La oficina de Servicio Berkley de Bosques de los Estados Unidos de América vino a ser el líder en SIG con el desarrollo de MIADS, un sistema que podía guardar y reconstruir atributos del conocido células de rejillas (given grid cell), ejecutando funciones simples de sobreponer y cálculos matemáticos y generando salidas en un formato gráfico.

### **FINALES DE LOS SESENTA**

- El gobierno canadiense desarrollo el Sistema de Información Geográfica de Canadá este contenía información en agricultura, bosques, vida salvaje, capacidades, divisiones de censos y uso de tierra.
- Los industria del petróleo de los EUA, intento el desarrollo de un sistema de computado para mapas geológicos e información geofísica usada en facilitar exploraciones de pozos y otros datos.
- Numerosas compañías de gas y electricidad empezaron a construir rudimentarios mapas autónomos y facilitar sistemas gerenciales.

- La Universidad Central de Minnesota para Asuntos Regionales y Urbanos desarrollo una amplia base de datos SIG in 1967 llamada Centro de Información Gerencial de la Tierra (LMIC), el cual fue transferido a una agencia de planeación del estado, diez años después.

Las aplicaciones de un sistema de información básico hoy son:

- Conducir estudios de tierra y experimentos de asentamiento.
- Evaluar y desarrollar materiales de construcción, minerales, petróleo, gas, carbón y otros recursos.
- Determinar la mejor localización de caminos, hidroeléctricas, basureros, asentamiento y residenciales.
- Ayuda al gobierno e industrias a manejar infraestructura incluyendo alcantarillado, agua, electricidad, gas, teléfono, trenes y sistema de caminos.

Por ejemplo:

- **PLANIFICACIÓN URBANA:** Lo que caracteriza a la administración urbana es la precisión de los datos, en donde la escala que generalmente se usa varía entre 1/500 ó 1/1000. Los datos son tridimensionales y las operaciones de análisis espacial son tan frecuentes que pueden cambiar diariamente, por lo que la aplicación de los SIG computarizados son de especial valor por su rapidez.
- **PREVENCIÓN, MANEJO DE DESASTRES Y RECUPERACIÓN:** Las aplicaciones típicas son la investigación de rutas rápidas de acceso para la intervención de bomberos, ambulancias y grupos de rescate. El manejo de desastres y sus actividades de recuperación, la predicción y monitoreo de inundaciones, el aviso de tormentas y valoración de daños, la localización y rastreo de ciclones y el monitoreo de fuego en los bosques son apoyados por técnicas de procesamiento de imágenes, donde los datos provenientes del sensor remoto juegan un papel muy importante. Por ejemplo, el análisis comparativo de imágenes LANDSAT que ha sido obtenido durante un período determinado puede proveer un método para anotar cambios en el paisaje y los alrededores. Esto puede facilitar el reconocimiento de ciertos límites, características y formas de superficie que son indicativos de peligro potencial, como las inundaciones y los desprendimientos de tierra.
- **EXPLORACIÓN MINERAL:** Los datos multiespectrales ayudan a la exploración mineral comercial a identificar áreas de mineralización o de objetivos. El análisis de

características espectrales consiste en el estudio de lineamientos, análisis visual e imágenes de color compuesto, anomalías geoquímica y relación de bandas, éstas son algunas de las técnicas de procesamiento de imágenes que contribuyen a la búsqueda de minerales.

- **OCEANOGRAFÍA:** Para el estudio de la temperatura de la superficie del mar, áreas específicas de los océanos, corrientes y topografía, se usan los desniveles en parámetros oceanográficos, como temperaturas, salinidad, partículas suspendidas y otros factores. Por ejemplo, la medición indirecta de la temperatura de la superficie, puede ser usada en la localización de especies comerciales como el atún y ancho en las áreas costeras.
- **AGRICULTURA:** Debido a su repercusión económica una de las áreas más importantes es el uso de los SIG en la agricultura y planeación del uso de la tierra. Las aplicaciones se enfocan al seguimiento de las condiciones de crecimiento y producción de los cultivos, lo cual permite realizar estimaciones de oferta y demanda a nivel nacional e internacional. Por ejemplo, integrando los datos provenientes de satélites para determinar las condiciones meteorológicas y el uso del suelo con la información de campo, se pueden lograr estimaciones de la producción esperada por cultivo y por región. Localmente los SIG son utilizados para la evaluación de las técnicas de cultivo y rendimiento a costos razonables.
- **EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO Y GAS:** Hay dos técnicas de procesamiento de imágenes para la detección de yacimientos "Real Time Shade" (sombra en tiempo real) y Color Drape (el color cubierto), que utilizan emisores y sensores de ondas de sonido y magnéticas. Por medio de algoritmos de resonancia pueden determinar la forma, presión y densidad de los yacimientos y por tanto, una mejor forma de explotarlos. Los datos provenientes de estos sensores, con técnicas de procesamiento de imágenes y cálculos geofísicos, se pueden integrar a los sistemas de información geográfica para otras aplicaciones como la exploración de minerales.

## **2.2. Un Sistema de Información Geográfica.**

### **2.2.1 ¿Qué es? y ¿Qué no es?.**

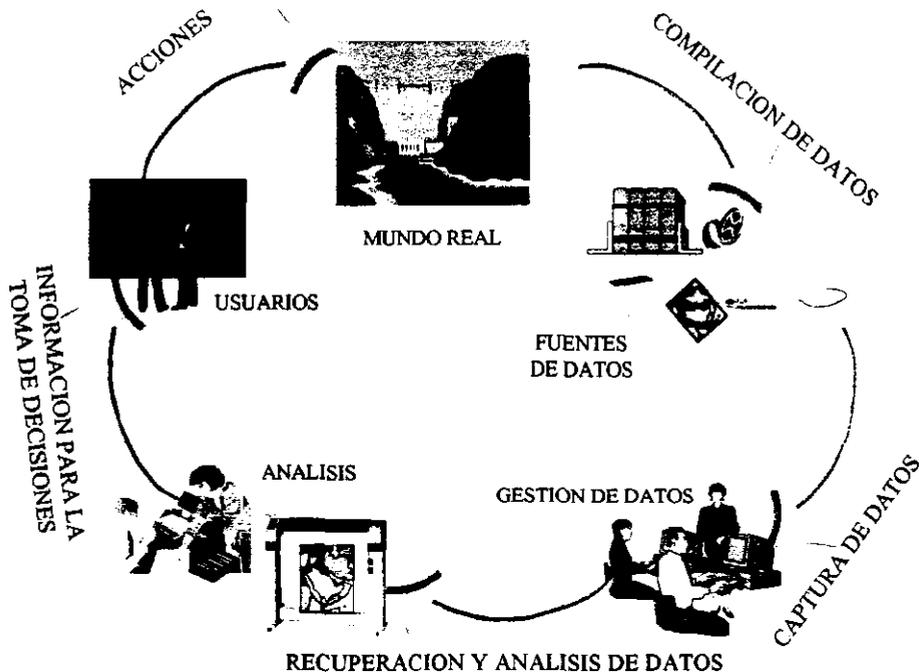
Para llegar a una definición de SIG, primeramente es importante revisar sus objetivos. En los años recientes, una variedad de productos para asistir la gestión y manipulación de datos espaciales y no espaciales han sido desarrollados en el mercado y que los usuarios han

empezado a ganar familiaridad con estos. La experiencia sugiere que no hay duda de que la aplicación de los SIG han hecho contribuciones significativas en la integración y presentación de la información. De la idea anterior, se dice que un objetivo que persiguen los SIG es el de obtener un conjunto de herramientas poderosas para coleccionar, guardar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real.

Un segundo objetivo de los SIG es el de proveer los medios para realizar análisis que involucre específicamente los componentes geográficos de los datos. Estas técnicas de análisis pueden ser sencillas o sofisticadas. Un análisis simple puede ser, por ejemplo, la representación de entidades espaciales como el tipo de suelo y el uso del mismo y puede ser combinados en análisis de capas o coberturas. Un nivel intermedio de análisis, los SIG deben permitir cálculos estadísticos de las relaciones entre conjunto de datos o pueden ser usadas distancias entre dos entidades para determinar las rutas para moverse de un lugar a otro. La sofisticación más grande es cuando un SIG nos permite introducir un modelo, por ejemplo un modelo de balance hidrológico.

Una tercera labor de los SIG, envuelve a la organización y administración de una gran cantidad de datos en tal sentido que, la información está accesible a todos los usuarios. Un SIG permitirá desplegar datos sobre los mapas con una gran calidad. Los mapas son un producto implícito de los SIG, sin embargo, otro tipo de despliegues también requerirán por ejemplo gráficas, tablas o textos, y que podrán ser usados en combinación con los mapas.

*En resumen, podemos decir que un SIG es una colección organizada de datos geográficos, hardware, software, y personal capacitado para una captura, almacenaje, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información georreferida y datos alfanuméricos, apoyando la toma decisiones y permitiendo delinear las acciones. (Ver fig. 1).*



**Figura 1.- Ciclo de los Sistemas de Información Geográfica.**

### **2.2.2. Componentes de un SIG.**

Hoy en día, muchas organizaciones han realizado rutinas usando lo que es llamado "Sistemas de Información Geográfica" para emprender las tareas específicas como la de analizar los factores y los niveles de riesgo de los sismos, inventarios forestales y el análisis de la deforestación regional, etc. Estos sistemas de información geográfica incluyen algunos software sofisticados de computadora, pero todos contienen los siguientes componentes:

1. Subsistema de captura de datos, los cuales colectan y/o procesan datos espaciales derivados de mapas existentes, sensores remotos, etc.
2. Subsistema para almacenar y recuperar datos, el cual organiza los datos espaciales en forma tal que permite al usuario la recuperación fácil y rápida por su análisis, también como la rápida actualización y corrección a ser realizadas por la base de datos espacial.

3. Subsistema para manipulación y análisis el cual ejecuta una variedad de trabajos como el cambio de forma del dato a través de reglas agregadas definidas por el usuario o producción de parámetros estimadas y la construcción por modelos de optimización espacio-tiempo o modelos de simulación.
4. Subsistema para reportes de datos el cual es capaz de desplegar todo o parte de la base de datos original, también como manipular datos y la salida de modelos espaciales en forma tabular o en forma de mapa. La creación de esos despliegues de mapas, envuelve lo que se llama cartografía computarizada o digital. Esta es un área que representa una considerable extensión conceptual de la cartografía tradicional, así como un cambio sustancial en las herramientas utilizadas en la creación de los despliegues cartográficos.

### **2.2.3. Conversión.**

La componente de entrada de datos comprende las operaciones técnicas para incorporar físicamente la información geográfica, alfanumérica, documental y cartográfica del sistema. La conversión de datos usualmente comprende:

1. Digitalización por tableta.
2. Escaneo.
3. Digitalización fotogramétrica.
4. Coordenadas geométricas.
5. Tecleo de datos.
6. Importación de archivos digitales.

La conversión o captura de datos es probablemente en el presente, el cuello de botella en los sistemas de manejo de datos espaciales y representa el costo simple más grande en el proyecto, especialmente en bases de datos grandes.

1. Digitalización por tableta.

Los datos espaciales pueden ser capturados manualmente a partir de una tableta digitalizadora, este método es el más común de captura de datos espaciales; la digitalización consiste en trazar rasgos sobre un mapa en realizados en papel, el cual es montado sobre una tarjeta digitalizadora y presionando botones en el ratón digitalizador, la localización de las coordenadas  $x$ ,  $y$  para cada rasgo.

## 2. Escaneo.

La digitalización manual o semiautomática, como ya se mencionó anteriormente, es un trabajo intenso, que consume tiempo y es un esfuerzo costoso para un SIG con una base de datos considerable. La tecnología de escaneo\* ha surgido por mucho años como una solución para este cuello de botella. Este acceso de información usa un láser óptico o un equipo electrónico para escanear un mapa existente en papel y convertir su imagen a *formato digital*.

La mayoría de los scanners producen datos digitales en un formato raster, registrando un valor de obscuridad (ejem. La representación de una línea o símbolo) o claro (no líneas o símbolos) para cada rejilla de la celda o pixel de lo escaneado. Comparado con la digitalización manual, este proceso es muy rápido y menos costoso.

Desafortunadamente, el uso del escaneo ha sido limitado debido a que muchas aplicaciones de los SIG requieren el formato vector de los datos y la unión de los atributos. Se han desarrollado algoritmos para convertir datos raster a formato vector y que reconoce líneas, símbolos, y plantillas de notas que suplen la necesaria inteligencia a los datos escaneados. A la fecha, este forma de acceder datos no ha traído un costo beneficio satisfactorio para las aplicaciones de SIG, pero su tecnología ha ido incrementándose. En la actualidad se tienen nuevas plantillas disponibles de reconocimiento de datos, edición software de traslado haciendo el costo beneficio de esta tecnología más viable. La fuente de materiales que se prestan por si solo para ser escaneados son relativamente mapas sencillos, mapas los cuales separan en capas sus tipos de rasgos y aquellos mapas los cuales la aplicación está satisfecha con por un formato raster.

## 3. Digitalización fotogramétrica.

Este método es usado para compilar nuevos mapas basados en fotografías aéreas. En este caso, la tableta digitalizadora es sustituida por instrumentos fotogramétricos, como el estéreo plotter analítico. La digitalización fotogramétrica a menudo es usada para registrar con mucha precisión rasgos planimétricos y datos de elevación a partir de estereofotos.

#### 4. Coordenadas geométricas.

El método de coordenadas geométricas representa un acceso totalmente diferente para crear un mapa digital. Aquí, la descripción geométrica de los rasgos del mapa, son tecleados en la computadora y se emplean algoritmos matemáticos para procesar las coordenadas resultantes, las cuales son guardadas y usadas para generar despliegues gráficos de las imágenes de los mapas. El software más común usado para esta función es el COGO, nombre que se deriva de la abreviación de coordinate geometry technique. Este acceso requiere de la definición de un punto de origen a través del cual se introducirán los valores de las coordenadas. Rumbos y distancias u otras descripciones geométricas de los rasgos a ser parte del mapa son accedidos por medio del teclado de la computadora.

El acceso de datos por medio de coordenadas geométricas, puede producir datos cartográficos muy precisos, más precisos que es práctica con la digitalización manual de mapas existentes.

#### 5. Tecleo de datos.

Los datos alfanuméricos o estadísticos y las anotaciones de los mapas comúnmente se utiliza el procedimiento que mediante el teclado de la computadora se capturen. Se puede teclear la información en una terminal diferente de donde se encuentre la aplicación para posteriormente mediante un programa de interfase se introduzca masivamente la base de datos del SIG. Las anotaciones son tecleadas directamente y posicionadas en el mapa mediante la capacidad interactiva del SIG.

#### 6. *Importación de archivos digitales.*

La existencia de archivos digitales es una fuente común de atributos y de datos geográficos georeferidos para la base de datos del SIG. Menos común pero con capacidad de ir creciendo, es la existencia de archivos digitales de mapas. Fuentes potenciales de datos digitales son las organizaciones que utilizan mapas de las mismas áreas geográficas y que tienen operaciones automatizadas, por ejemplo aquí en México podemos citar a Petróleos Mexicanos (SICORI), la Secretaría de la Defensa Nacional (Dirección de Cartografía), los gobiernos de los estados, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por citar algunos,

---

\* Scan: Según la traducción literal significa escudriñar; hojear, repasar. Tomaremos literalmente la palabra escaneo como la acción de digitalizar con un equipo denominado scanner.

también se tiene como posibles fuentes las firmas comerciales que crean y comercializan datos digitales cartográficos.

Sin embargo, el uso de archivos digitales requiere de trasladar del formato y estructura del sistema fuente al formato del SIG que recibe la información. Estos cambios de formato traían en el pasado serios problemas, pero el desarrollo de programas de traslado o cambio de formatos entre los sistemas más comunes y el crecimiento de cartografía digital estándar, ha facilitado esta actividad. Por ejemplo, el Comité Nacional de Estándares para la Cartografía Digital, ha desarrollado y publicado estándares para definición, intercambio y precisión para los datos cartográficos digitales.

El traslado entre formatos de archivos de SIG puede ser de dos modos; en algunos casos, los traductores binarios están disponibles o pueden ser desarrollados y son diseñados específicamente para traducir o trasladar directamente de un formato a otro, siendo el acceso más eficiente, aunque no siempre es él más práctico debido a la naturaleza propietaria de los formatos del vendedor.

Cuando la traducción directa no es posible, es típico el uso de formatos comunes en dos etapas. Primeramente, los datos son trasladados de la estructura y formato propietario del sistema fuente a un formato y estructura neutral, a menudo llamado Formato Internacional Estándar (Standard International Format, SIF) o Formato Digital de Intercambio (Digital Exchange Format, DXF). Como segundo paso, los datos son transformados del formato neutral a la estructura y formato del sistema que recibe la información. Este procedimiento aparentemente funciona siempre bien, sin embargo, se han encontrado algunos problemas, por ejemplo, si la estructura básica de los sistemas es diferente, esto es, si un sistema utiliza una estructura topológica y el otro sistema utiliza una estructura gráfica para guardar los datos, o si los rasgos como curvas, anotaciones o texto son guardados como reglas en lugar de cadenas de caracteres.

En la figura 2 se muestran las diferentes formas para la obtención de la conversión:

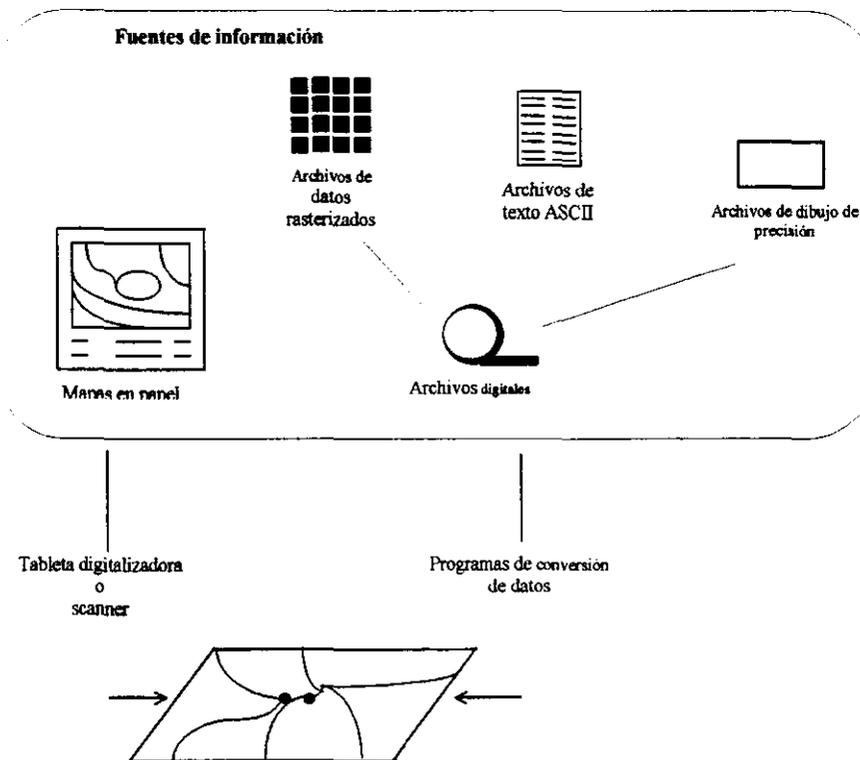


Figura 2.- Las diferentes fuentes de información para el SIG.

#### 2.2.4. Bases De Datos Geográficos.

La información geográfica afecta a muchas de las organizaciones, e impacta en sus decisiones. Una base de datos geográfica es una colección de datos espaciales georreferidos que actúan como un modelo de la realidad. Los datos geográficos o espaciales tienen un conjunto de características diferentes a las de otros datos usados tradicionalmente en los sistemas de información.

Los datos geográficos describen los recursos naturales, tanto a los renovables como a los que no lo son, así como a, los recursos culturales y humanos. La distribución espacial de tales fenómenos son representados frecuentemente en mapas, gráficas o imágenes. De manera alternativa, pueden representarse en forma de una lista de variables agrupadas según su ubicación y se relacionan a lugares señalados en mapas. *Típicamente los datos*

geográficos describen rasgos como son: topografía, tipo de suelo, vegetación, hidrografía, superficie geológica, uso del suelo, fronteras administrativas, división política, etc.

La construcción de la base de datos en un SIG es normalmente la parte más cara, consumidora de tiempo y el aspecto más problemático de la implantación. Todo esto puede variar considerablemente dependiendo del número de rasgos que se incluyan, la precisión con que se obtengan, las condiciones de los materiales fuente, y la disponibilidad de los archivos digitales con que se cuenta.

La base de datos de un sistema de información geográfica típicamente se compone de múltiples conjuntos de datos gráficos y no gráficos, ambos manejados por el software de SIG. (Ver figura 3).

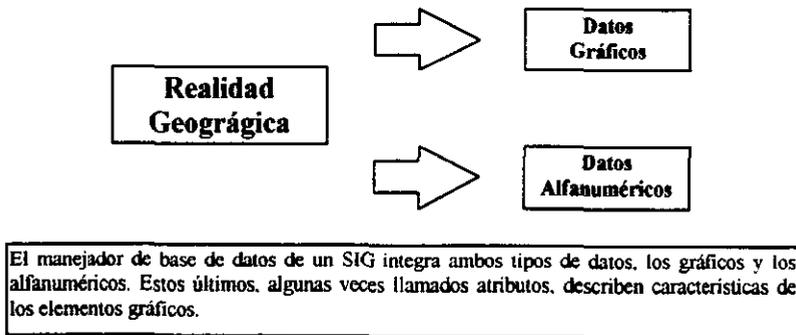
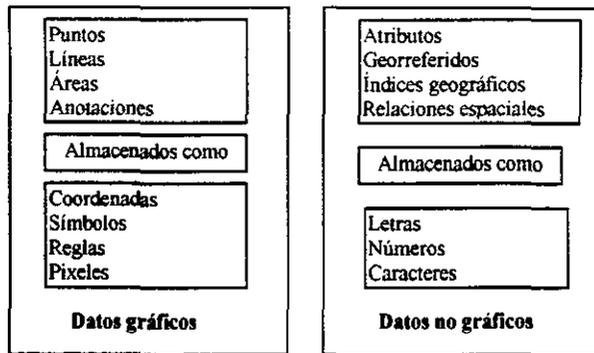


Figura 3.- Composición de la base de datos de un SIG.

Los datos en un SIG son variados y complejos. Estos pueden incluir descripciones digitales de elementos de mapa, relaciones geográficas lógicas en torno a sus elementos, datos alfanuméricos que describen características de los elementos y fenómenos que ocurren en determinados lugares. El contenido de las bases de datos se determina por las variadas aplicaciones que se usarán en el sistema. Cada uno de los tipos de datos tienen características específicas y diferentes requerimientos de almacenamiento, proceso y despliegue. (Ver figura 4).



Los datos en un SIG se almacenan y manipulan en diferente formato para tener un proceso más eficiente.

Figura 4.- Tipos de almacenamiento de datos de un SIG.

Los datos gráficos son descripciones digitales de elementos de un mapa. Pueden incluir las coordenadas, reglas y símbolos que definen elementos específicos de un mapa. Un SIG usa los datos geográficos para generar un mapa o dibujo cartográfico, ya sea en el dispositivo de despliegue (monitor), papel u otro medio. Las estructuras usadas para alojar este tipo de datos y sus relaciones son características peculiares de los sistemas de información geográfica, y serán tratadas más adelante.

Básicamente se usan seis tipos de elementos gráficos para describir elementos de mapas y anotaciones; estos son: puntos, líneas, áreas, celdas grid, píxeles y símbolos.

Un punto es un objeto adimensional que especifica un lugar geométrico a través de un par de coordenadas. El nodo es un tipo especial de punto que sirve de unión topológica o de punto final para especificar un lugar geométrico. Una línea es un objeto unidimensional. Un segmento es una línea directa entre dos puntos. Aquí se incluyen formas especiales: una cuerda es una serie de segmentos, un arco es un lugar geométrico que forman una curva definida por una función matemática, una cadena es una secuencia de segmentos que no se intersectan o de arcos con nodos en cada uno de sus extremos. Un área es un objeto frontera continuo y bidimensional que puede, o no, incluir su propia frontera. Las áreas individualmente se representan como polígonos. Un píxel es un elemento bidimensional cuya principal característica es ser la unidad indivisible de una imagen. Una celda grid es un objeto de dos dimensiones que representan un simple elemento de una superficie continua. Los símbolos son elementos gráficos que representan elementos puntuales de un mapa. La

anotación es un texto o etiqueta de un mapa, e incluye items, tales como los nombres de calles, nombre de lugares, números de identificación y dimensiones.

En la siguiente figura (5) se muestran los diferentes tipos de elementos gráficos que utiliza un Sistema de Información Geográfica para describir mapas.

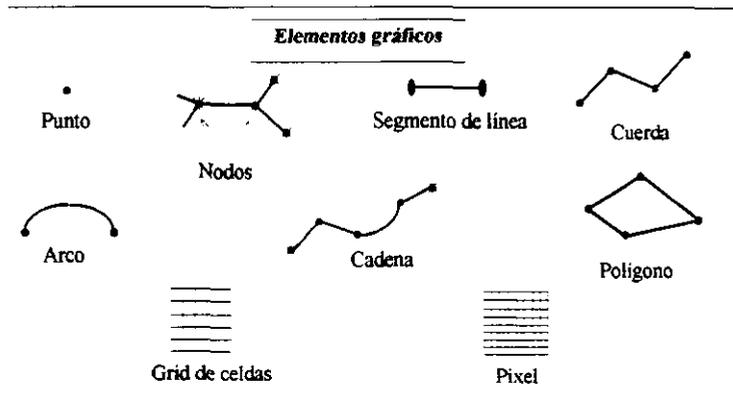


Figura 5.- Los diferentes tipos de elementos gráficos en la descripción de mapas.

Los datos no-gráficos o alfanuméricos son representaciones de las características, calidades o relaciones de los elementos de un mapa y los lugares geográficos. Se almacenan en formatos alfanuméricos convencionales, aunque empiezan a usarse sistemas manejadores de estos datos en formato raster para ligarse a la tecnología de los SIG.

Se usa el término no-gráfico para distinguir aquellos datos que no describen imágenes gráficas de los elementos de un mapa. En otras ocasiones se usan los términos dato textual y atributo. Estos se relacionan con lugares geográficos o elementos gráficos que se ligan en el SIG por medio de identificadores u otros mecanismos. Frecuentemente los datos no-gráficos se manejan separados de los gráficos debido a sus distintas características, mantenimiento y uso en otros sistemas.

Una base de datos SIG tiene cuatro clases de información no-gráfica. Estas clases son: atributos, datos geográficamente referidos, índices geográficos y relaciones espaciales. (Ver figura 6). Cada clase comprende datos alfanuméricos que se introducen, almacenan, manipulan, procesan y se reportan como los datos en un sistema convencional de procesamiento de datos alfanuméricos. Los datos no-gráficos se pueden adquirir y manejar con un sistema relacional de proceso, separado del sistema, o bien, manejarse dentro del propio SIG directamente.

Los atributos proveen información descriptiva de las características de los elementos de un mapa. Se ligan con los elementos gráficos a través de identificadores llamados geocódigos, que se almacenan en los registros de ambos tipos de datos. Pueden incluir datos cuantitativos y cualitativos para describir puntos, líneas, polígonos o elementos de red almacenados en la base de datos. Generalmente se almacenan separados de los datos gráficos.

Un SIG es capaz de hacer consultas o analizar los atributos separados de la información gráfica, y generar mapas basándose en los valores no-gráficos. La mayoría de los sistemas también pueden desplegar atributos como anotaciones en un mapa o como parámetros de control para la selección de símbolos a desplegar en el mapa.

Los datos geográficamente referidos describen incidentes o fenómenos que ocurren en lugares específicos. A diferencia de los atributos, no describen los elementos de mapa por sí mismos. En vez de esto, este tipo de datos describen items o acciones que pueden relacionarse con lugares geográficos específicos. Los datos del tipo georreferidos se almacenan y manejan en archivos separados y sistemas que no son directamente asociados con los elementos gráficos de la base de datos del SIG. Sin embargo, estos registros contienen elementos que identifican la localización del evento o fenómeno.

Los índices geográficos se mantienen en un SIG para seleccionar, relacionar, y obtener datos, basándose en la ubicación geográfica que describen los identificadores geográficos. Un índice puede incluir múltiples identificadores para entidades usadas para diferentes organizaciones además de tener una lista de los geocódigos que identifican las relaciones espaciales entre lugares o elementos y entidades geográficas.

Las relaciones espaciales de entidades en ubicaciones geográficas particulares, son importantes para muchos procesos en un SIG. Las relaciones pueden ser simples y lógicas, y son capaces de determinar adyacencia, contigüidad, proximidad y otras relaciones usadas entre elementos gráficos o entidades geográficas.

<b>Atributos</b>	<b>Datos georreferidos</b>
<b>Relaciones espaciales</b>	<b>Índices geográficos</b>

Cuatro tipos básicos de datos alfanuméricos

Figura 6.- Tipos de Información no - gráfica.

Un SIG mantiene las relaciones entre sus datos gráficos y alfanuméricos. La mayoría de los métodos para ligarlos consisten en tener almacenados identificadores simultáneos en cada conjunto de elementos. El identificador puede ser simplemente un número único asignado consecutiva, aleatoria o arbitrariamente, o bien puede indicar la geografía o ubicación del dato almacenado. El identificador de una entidad puede contener las coordenadas de su ubicación, número de hoja de mapa, descripción del área, etc., o tener un apuntador hacia el lugar donde se almacena la ubicación del dato relacionado. El identificador se registra con las coordenadas u otros valores descriptivos de la imagen gráfica y con su relación a los datos alfanuméricos.

Los datos gráficos y no-gráficos tienen distintas características, y por lo tanto requieren diferentes técnicas de optimización para su manejo. Una característica notable de los datos gráficos es su gran volumen que requiere de procedimientos efectivos de búsqueda y respuesta. Los datos no-gráficos se procesan usando estructuras y software manejador de base de datos alfanuméricas estándares.

La mayoría de los SIG usan separadamente los sistemas más apropiados para manejar las características de sus dos tipos de datos. Otros manejan el sistema con una única estructura y software.

Dado que las estructuras de almacenamiento pueden ser ajustadas a los varios tipos de datos, un SIG podría tener una estructura gráfica para coordenadas, una estructura topológica para las relaciones espaciales, y un sistema convencional manejador de base de datos para sus atributos. Dentro de los modelos básicos en uso se encuentran el jerárquico, de red, relacional y el modelo de archivo de banco. (Ver figura 7).

El modelo jerárquico almacena los datos en una estructura basada en "padre-hijo" y relaciones uno a muchos. El modelo es muy eficiente si las relaciones están claramente definidas y las consultas son estándar. Muchos de los primeros sistemas geográficos usaron este modelo.

En el modelo network o de red, los registros del mismo tipo se agrupan en archivos conceptuales. También pueden agruparse en conjuntos de uniones de propietario, reflejando relaciones uno a muchos entre los archivos. Un sistema network puede modelarse con relaciones uno a muchos o muchos a muchos.

El modelo relacional se base en una estructura matricial de renglones y columnas de datos. Este propone almacenar los datos por medio de tablas matriciales, facilitando las consultas,

sobretudo cuando estas no son muy comunes. El modelo permite gran flexibilidad en el campo de las consultas. Virtualmente cualquier combinación de valores se puede usar como criterio de selección sin antes tener que predefinir llaves. Este modelo ha ganado popularidad entre los SIG.

No todos los sistemas se implementan con un determinado modelo. Existen híbridos y otras variantes que ofrecen funciones de más de un modelo. Normalmente un SIG tiene un sistema manejador de bases de datos desarrollado específicamente para el propósito, o bien usa uno comercial para al menos manejar los datos no-gráficos.

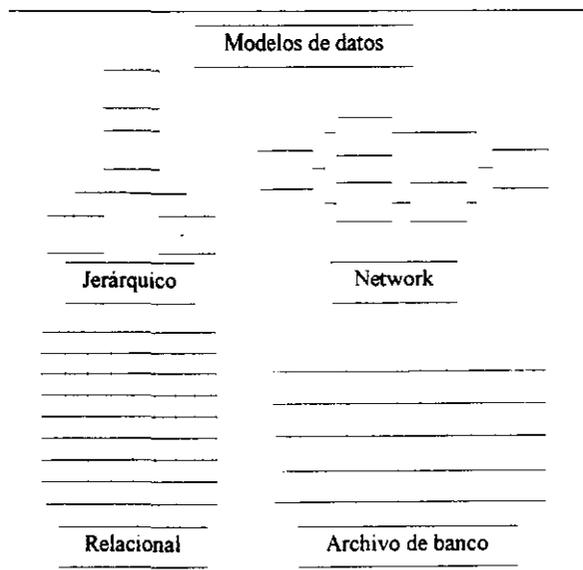


Figura 7.- Modelos básicos de datos.

Un cuarto modelo llamado secuencial o de archivo de banco, no es en realidad un sistema manejador de base de datos, sin embargo se usa frecuentemente como estructura de datos no-gráficos cuando se está implementando un SIG. Estos archivos se maneja con un sistema desarrollado específicamente o programado en COBOL, BASIC u otro lenguaje, para ajustarse a necesidades específicas.

### **2.2.5. Análisis espacial.**

El análisis espacial es, quizás, la característica más notable de un SIG por que permite el análisis de los datos espaciales y sus atributos, y por ello, requiere tener completa la base de datos geográfica. Cada capa de la base de datos contiene información específica que se requerirá en el análisis. Es necesario identificar las asociaciones entre las capas de datos para después manipular la información.

El análisis espacial o geográfico permite estudiar los procesos del mundo real por medio del desarrollo y aplicación de modelos. Tales modelos sobresaltan las tendencias de los datos geográficos, y proveen nueva información. Un SIG realza estos procesos mediante herramientas que pueden combinarse en varias secuencias para desarrollar nuevos modelos. Estos modelos pueden revelar o reidentificar relaciones entre conjuntos de datos, incrementando el entendimiento del mundo real.

Los resultados de análisis geográficos pueden ser expresados en mapas, reportes o en ambos. El mapa es más adecuado para representar relaciones geográficas, mientras que el reporte resume datos tabulares y documenta los valores calculados. Los mapas y reportes permiten compartir los datos que contiene la base de datos geográfica.

Antes de empezar cualquier análisis, se necesita entender el problema y establecer un objetivo. Pensar el proceso antes de juzgar los datos o tomar cualquier decisión. Responder preguntas acerca de los datos y el modelo. Generar un procedimiento paso por paso para monitorear el desarrollo y delinear el objetivo. Los pasos que se describen a continuación enmarcan un procedimiento básico para llevar al cabo análisis espacial.

1. Establecer los objetivos y criterios del análisis.
2. Preparar los datos para operaciones espaciales.
3. Desarrollar las operaciones de análisis geográfico.
4. Preparar los datos derivados para análisis tabular.
5. Desarrollar análisis tabular.
6. Evaluar e interpretar los resultados.
7. Refinar el análisis cuando se necesite.

Para desarrollar análisis geográfico, se debe definir el problema e identificar una secuencia de operaciones que produzcan resultados significativos. Un mejor entendimiento del tipo de

operaciones espaciales para generar resultados positivos en cada uno de los criterios establecidos requiere considerar cada uno individualmente.

Si la base de datos geográfica se ha diseñado e implementado apropiadamente, todos los elementos necesarios estarán listos para el análisis. Sin embargo, podría ser necesario un proceso adicional. También podría suceder que después de revisar los criterios para el análisis, se descubra la necesidad de agregar uno o más atributos a los datos geográficos para completarlo. Este sería el momento de realizar los cambios necesarios.

El rango de funciones para desarrollar análisis espacial es muy amplio. Las funciones con características comunes se pueden agrupar para tener un mejor entendimiento de las tareas que desempeñan. Así se logra una identificación de cuatro grandes grupos:

#### 1. Operaciones de recuperación, reclasificación y medición.

Estas operaciones comparten la característica principal de no alterar la base de datos. El trabajo se puede hacer con los datos tal y como estén almacenados. Si los datos espaciales se recuperan junto con sus atributos, se crean nuevos datos en mapas virtuales sólo presentes en memoria; aunque si es necesario pueden bajarse a disco.

Las operaciones de recuperación consisten en obtener, manipular y facilitar una salida de los datos espaciales. No se hacen modificaciones de la ubicación geográfica de los elementos espaciales y tampoco se crean nuevos elementos.

Las operaciones de reclasificación implican la asignación de nuevos valores temáticos a las unidades de un archivo de datos espaciales. Esta nueva clasificación puede ser una función de los valores iniciales, posición, tamaño o forma de la configuración de elementos espaciales. El proceso implica observar los atributos de una capa de datos y asignar un nuevo atributo adicional.

Las operaciones de medición efectúan el cálculo de longitudes, perímetros, áreas, volúmenes y distancias. La longitud, perímetro y área son normalmente atributos almacenados de los datos espaciales.

#### 2. Operaciones de sobreposición.

La sobreposición de capas de información trae consigo la creación de nuevos elementos espaciales. Aquí, los valores asignados a ciertos lugares se calculan como función de valores independientes asociados con el mismo lugar en una o más capas de información existentes. La sobreposición crea un nuevo conjunto de datos que contienen nuevas áreas

formadas por la intersección de las fronteras de dos o más elementos pertenecientes a distintos conjuntos espaciales.

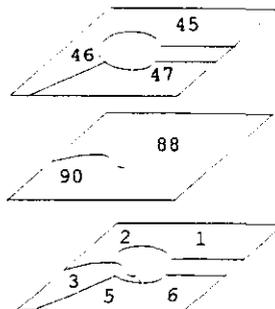
Los diferentes tipos de operaciones de sobreposición son: (Ver figura 8).

c) Aritmética: son operaciones de adición, sustracción, multiplicación y división de los valores de dos capas de datos.

b) Lógica: son operaciones que actúan con operadores lógicos (AND, OR o XOR). Estos producen una sobreposición donde dos o más valores cumplen la proposición (AND: intersección), donde cualquiera de los valores cumple (OR: unión) o donde ningún valor es presente (XOR: unión excluyente)

c) Condicional: son operaciones que comprenden la selección de un área donde se cumplen ciertas condiciones conocidas.

La sobreposición de polígonos es una operación espacial que permite encimar los polígonos de varios archivos gráficos, para crear uno nuevo. La ubicación espacial de cada conjunto de polígonos y sus atributos espaciales, se unen para derivar nuevas relaciones de datos en el archivo de salida. Juntar polígonos permite desarrollar operaciones que requieren nuevas combinaciones de polígonos.



*La sobreposición une elementos de dos layers para establecer las relaciones espaciales entre ellas.*

Figura 8.- Sobreposición de layers.

### 3. Operaciones de superficie.

Las operaciones de superficie comparten la característica de actuar con un valor de un área que rodea cierto lugar llamado objetivo. El valor se evalúa en relación de los valores del objetivo. Este tipo de operaciones generalmente relacionan, de una manera u otra, superficies continuas. Por ejemplo, pueden calcularse las pendientes usando un DEM

(superficie topográfica), por medio del cual, la elevación de un punto se compara con la elevación de los que lo rodean. También se pueden estimar datos desconocidos de cierto lugar, considerando datos de lugares vecinos. Y con eso formar una superficie continua.

El área considerada normalmente se conoce como vecindad, lo cual da nombre a las funciones de vecindad. En estas, primero debe definirse el tamaño de la vecindad, que puede definirse con aquellos elementos espaciales próximos al objetivo.

Los tipos de operadores de superficie son:

a) **Funciones topográficas:** son usadas para calcular valores que describen la topografía en determinados lugares geográficos. Con estas funciones se usa el concepto de vecindad para caracterizar el terreno local.

b) **Funciones de iluminación:** con estas funciones una superficie puede verse como si una fuente de luz la iluminara desde cierta dirección y con cierto ángulo. Como resultado se tienen algunas áreas iluminadas y otras sombreadas.

c) **Funciones de vistas perspectivas:** estas funciones permiten tener una vista tridimensional de las entidades espaciales, y así ayudar a tener un mejor entendimiento de las relaciones espaciales entre ellos.

d) **Funciones de interpolación:** con este tipo de funciones se estiman valores desconocidos de lugares no muestreados, usando valores de lugares vecinos existentes. La interpolación se puede hacer con puntos o líneas. El método de interpolación puede variar dependiendo de la precisión deseada, el número y distribución de puntos y líneas, y la manera en que la función de interpolación describe la distribución espacial de las entidades espaciales.

#### 4. Operaciones de conectividad.

El rasgo distintivo entre este grupo y el anterior es la conectividad de los elementos espaciales (áreas o líneas). En este grupo son posibles diferentes tipos de conectividad:

a) **Funciones de contigüedad:** consideran áreas con características comunes. Especifican tanto las características como las condiciones y reglas que determinan contigüedad.

b) **Funciones de proximidad:** la proximidad implica la medición de distancias entre elementos espaciales. Determinan áreas limitadas por puntos al alcance de un objetivo, esto es, conectados a él. Los objetivos pueden ser puntos, líneas o áreas. La proximidad no se limita a longitud, puede ser también expresada en tiempo, costo, o cualquier otra unidad. Ejemplos

típicos de proximidad son determinación de zonas buffer, construcción de polígonos de Thiessen, y la determinación de rutas críticas.

Una de las operaciones básicas de análisis que determinan proximidad es la creación de zonas buffer alrededor de elementos geográficos, mediante la manipulación de elementos espaciales y con sobreposición de polígonos.

La generación de un buffer es la operación a aplicar cuando el análisis requiere identificar áreas alrededor de elementos geográficos. Con esta herramienta se genera uno o más polígonos alrededor de elementos existentes. Este tipo de polígonos, llamado buffer o zona de buffer, se usa para determinar proximidad espacial.

Se pueden crear buffers para cualquier tipo de elemento, ya sea punto, línea o polígono. (Ver figura 9).

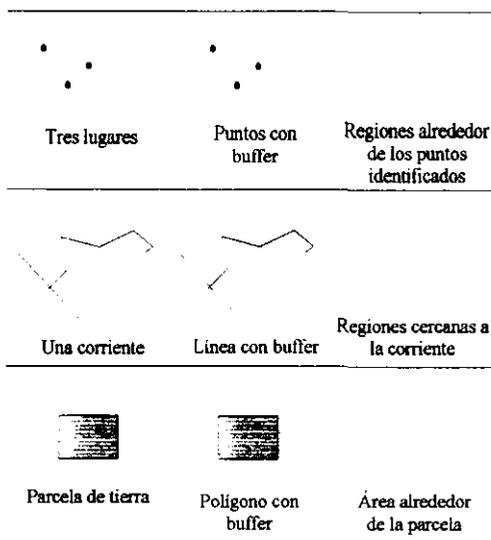


Figura 9.- Creaciones de diferentes elementos con buffers.

c) Funciones de extensión: Evalúan fenómenos que se amplían o cambian de longitud, tiempo u otra unidad. Mientras lo hacen, sus atributos pueden mantenerse constantes, incrementar o disminuir sus valores.

d) Funciones de búsqueda: Se usan para determinar rutas óptimas mediante reglas de decisión determinadas. A partir de un punto inicial se va estableciendo la ruta paso a paso,

hasta que una de las reglas de decisión llega a ser inaplicable. El resultado es la creación de un conjunto de elementos en una red.

e) Funciones de red: mediante estas funciones es posible efectuar análisis de la posición de un recurso que se mueve a través del conjunto de elementos lineales interconectados en una red. Los recursos pueden ser agua, sedimentos, contaminantes, etc. A diferencia de los análisis tradicionales en donde se debe especificar el recurso, la configuración de red, la fuente, objetivo y las constantes del movimiento en la red, con estas funciones actuando sobre la base de datos, sólo es necesario especificar la configuración de la red y las reglas de ordenamiento. Ejemplos típicos de funciones de red se realizan en un sistema de irrigación de canales y en la clasificación de corrientes en una cuenca.

Otra de las capacidades específicas de análisis en un SIG es la manipulación de elementos espaciales. Mediante una serie de comandos y procedimientos, se pueden seleccionar, borrar, agregar, recortar, extraer y unir elementos de diferentes partes de la base de datos. Los elementos geográficos pueden identificarse y seleccionarse dependiendo de si están dentro o fuera de las fronteras de los elementos de otro archivo gráfico. Esto permite traslapar o combinar datos para remover, sustituir, cortar o fusionar elementos geográficos.

La manipulación de atributos de la base de datos alfanumérica también se considera como parte del análisis espacial. El desarrollo de las técnicas usadas en SIG y la tecnología de base de datos permiten un gran número de funciones analíticas para desarrollar análisis con la base de datos alfanumérica. Dichas funciones pueden agruparse en tres grandes categorías:

1. Funciones de consulta: Implican la recuperación de datos de atributos sin alterar su contenido. Los datos son obtenidos de acuerdo a las especificaciones dadas por el operador.
2. Funciones de generalización: Comprenden la clasificación de datos existentes en grupos. Los datos se agrupan mediante un criterio definido por el usuario, pero no son alterados.
3. Funciones de cálculo: Son aquellas funciones aritméticas, matemáticas, lógicas y condicionales que operan sobre los atributos. Los datos afectados por estas funciones, una vez almacenados conducirán a una base de datos no-normalizada, por lo que existirá dependencia funcional.

En resumen, podemos decir que el análisis espacial es lo que distingue a un sistema de información geográfico de los sistemas digitales de mapas. Ahora es claro como aprovechar

un SIG para interpretar y desplegar información geográfica por medio de la generación de modelos y efectuando análisis. Siempre es importante recordar que para producir resultados significantes se debe definir el problema e identificar secuencias de operaciones para manipular los datos espaciales y los atributos, antes de desarrollar el análisis.

### **2.3. Cartografía digital.**

La cartografía es la ciencia o arte de hacer mapas. Como destreza antigua, la cartografía a contribuido a los sistemas de información geográfica a producir mapas con convenciones generales. Estos estándares incluyen exactitud y precisión, proyecciones de mapa y esquemas de referenciación coordenada; y la apariencia gráfica del mapa a través de simbología, escala y anotaciones. Tales convenciones de la cartografía como fueran concebidas en el pasado, continúan siendo la guía para la construcción de la cartografía digital como la base de datos geográfica de un SIG.

La función de las convenciones cartográficas no pueden ignorarse en el desarrollo de productos en un SIG. Ciertamente cada mapa no tiene que ser una obra de arte, pero para ser aprovechado debe adherir los principios generales de la cartografía.

#### **2.3.1. Elementos cartográficos.**

Entre los elementos cartográficos utilizados dentro de un sistema de información geográfica para producir mapas con calidad, e incluso acatados en la base de datos del sistema, se deben incluir los sistemas de coordenadas, las proyecciones, escala, simbología y anotaciones.

a) Sistema de coordenadas.

En un mapa se puede identificar la ubicación de elementos geográficos sobre la superficie terrestre. Para lograr una identificación adecuada se requiere de un marco que defina la ubicación de elementos del mundo real sobre el mapa. Dicha estructura o marco lo proporciona un sistema de coordenadas.

Uno de los sistemas más comunes es el Sistema de Coordenadas Cartesiano, en el cual, las ubicaciones geográficas se definen por su posición relativa al punto donde se intersectan sus dos ejes perpendiculares. Los elementos se identifican y representan con pares de

coordenadas (x,y). Cada magnitud de este par se refiere a la distancia a lo largo de cada uno de los ejes. Este tipo de representación es el más conveniente para la producción de mapas.

Otro sistema es el de coordenadas geográficas latitud-longitud. En este se tienen medidas angulares tomadas desde el centro de la Tierra hasta los puntos de su superficie. La latitud es el ángulo medido a partir del Ecuador terrestre y hacia el norte o sur. La longitud se mide al este u oeste del Meridiano de Greenwich. Las unidades usadas en este sistema esférico son los grados.

#### **b)Proyecciones cartográficas.**

Los valores de las coordenadas de mapa se expresan en alguna de las numerosas proyecciones de mapa, las cuales transforman las posiciones sobre la superficie curva de la tierra para obtener un mapa de superficie plana. La conversión de datos de un sistema de proyección a otro, es generalmente efectuada sin pérdidas significantes de precisión, a través de algoritmos específicos de transformación.

Las proyecciones se hacen en figuras geométricas que puedan ser extendidas sin deformar sus superficies. Los tipos de figuras más comunes son el cono, el cilindro y el plano. Se conoce como sistema de proyección a toda aquella función matemática que sistemáticamente coloque la ubicación de un punto de la superficie esférica en una posición representativa de una superficie plana.

La idea fundamental para lograr proyectar una superficie a otra es crear uno o más puntos de contacto. Una proyección plana es tangente al globo en un solo punto. Los conos y cilindros son tangentes a lo largo de toda una línea. Si la superficie de la proyección intersecta la superficie del globo en vez de apenas tocarla, la proyección resultante es secante y no tangente. Los lugares de contacto entre dos superficies son muy especiales por que en ellos la distorsión de la proyección es nula. En general la distorsión incrementa cuando los lugares proyectados se alejan de los puntos de contacto.

A través del tiempo, se han ido desarrollando diferentes tipos de proyección, buscando encontrar una mejor representación plana de las diversas partes del globo terráqueo, y cubriendo distintas porciones del mismo. El tipo de proyecciones más usadas son la cónica, azimutal, y cilíndrica. Cada una de ellas ofrece diferentes capacidades de representación.

Las proyecciones cónicas utilizan un cono como superficie de proyección, y puede situarse en forma tangente o secante al esferoide. Los meridianos del esferoide proyectados al cono convergen en el ápice. Los paralelos aparecen como arcos circulares concéntricos en la

proyección. Este tipo de proyección es adecuada para planificar regiones alargadas en dirección este-oeste. La proyección cónica puede realizarse conservando sin cambio los ángulos formados por las líneas (proyección conforme), o bien, conservando las distancias de estas (proyección equidistante).

Una proyección azimutal del esferoide terrestre resulta al proyectarse sobre un plano tangente a la esfera. Este tipo de proyección modifica en gran medida tanto los ángulos como las distancias de las líneas sobre la superficie topográfica. Dada la poca distorsión que presentan en áreas pequeñas, se emplean para planificar las regiones polares.

Una proyección cilíndrica emplea un cilindro tangente o secante al esferoide. La posición del cilindro puede ser transversal, axial u oblicua al eje de rotación de la tierra. Las proyecciones cilíndricas tienen la propiedad de mantener constante el rumbo de una línea en toda su trayectoria.

La proyección de Mercator es una de las más comunes proyecciones cilíndricas. Utilizan un cilindro en posición normal, y el ecuador sirve de línea de tangencia. Los meridianos se proyectan geoméricamente a la superficie, y los paralelos son proyectados matemáticamente para producir ángulos de 90 grados. El espaciamiento entre meridianos es constante, y entre paralelos, la latitud se incrementa hacia los polos. Este tipo de proyección es conforme y representa direcciones reales a lo largo de líneas rectas.

La proyección transversa de Mercator (UTM) cambia las líneas de tangencia al situar el cilindro en posición horizontal. Es internacionalmente aceptada y usada para cubrir el globo como un sistema continuo. Este sistema se compone de zonas de 6 grados de amplitud que se basan en la proyección transversa de Mercator. Los valores de la UTM se registran generalmente en metros. La proyección provee suficiente precisión para trabajos topográficos y para otros propósitos de detalle.

Todas las proyecciones, sin importar el tipo al que pertenecen, siempre se encontrarán referidas a un esferoide determinado y a un datum. Un esferoide es una figura tridimensional obtenida al hacer girar un elipse alrededor de su eje menor. Los esferoides pueden variar para buscar ajustarse mejor a la forma real irregular del globo terráqueo en una determinada región. El datum es un conjunto de parámetros que definen un sistema de coordenadas y un conjunto de puntos de control con relaciones geométricas conocidas para fijar la posición de un esferoide.

#### c)Escala.

Los mapas, por ser representaciones de la realidad, requieren reducir las dimensiones en una proporción que cumpla los objetivos para los cuales fueron elaborados. La proporción o razón entre las dimensiones de un mapa y las de la realidad se conoce como escala. Es importante puntualizar que la razón entre el tamaño de un mapa y el tamaño del área representada en él, puede variar en un rango muy amplio.

Los términos escala grande y escala chica se aplican a los tamaños relativos a los cuales se representan los objetos en un mapa físico o virtual, y no a la cantidad de reducción aplicada. A una escala chica, los elementos reales aparecerán en un mapa más pequeño que aquél que en uno a escala grande. De manera opuesta, el número usado para definir una escala chica es mayor que el de una grande.

No existe un consenso general para clasificar una escala de mapa en pequeña, mediana o grande, puesto que no hay una razón lógica para hacerlo así; sin embargo, la mayoría de los cartógrafos coinciden en que una proporción 1: 50,000 o menor puede clasificarse como escala grande, y una reducción de 1:500,000 se considera escala chica.

Dentro de un SIG, la escala es manejada con gran flexibilidad, pero no por ello deja de ser un elemento a tratarse con cuidado.

#### d)Simbología.

La simbología ayuda a interpretar los elementos de un mapa físico o desplegado en pantalla. Un SIG se encuentra equipado para desplegar una amplia variedad de símbolos para representar puntos, líneas y áreas. Los vendedores de sistemas SIG normalmente proveen una librería de símbolos con el software de instalación. Los usuarios del sistema pueden crear nuevas librerías digitalizando formas o elementos deseados. A estas imágenes se les puede asignar un nombre o identificador, y almacenarse en una librería para ser vueltos a utilizar.

Entonces los símbolos pueden situarse en cualquier lugar del mapa según se vayan necesitando durante el despliegue. Se pueden aplicar diferentes símbolos al mismo elemento, de manera muy sencilla y sin hacer cambios en los atributos de los elementos.

#### e)Anotaciones.

Una anotación es un texto alfanumérico o una etiqueta de mapa. Estas sirven para ponerles nombres a los elementos de un mapa; como podrían ser calles, lagos, ríos, poblados y otras

entidades. También podrían incluirse valores numéricos como elevaciones, dimensiones, identificadores y direcciones. Las anotaciones se manejan de diferente forma en la mayoría de los sistemas. No se almacenan como una secuencia de coordenadas, si no más bien, como coordenadas de un lugar, tipo de letras estándares y colocación o reglas de orientación.

Un SIG comúnmente provee un conjunto de fuentes de letra estándares con descripciones para el despliegue e impresión de cada carácter especial y alfanumérico. La descripción de las fuentes se almacena en una tabla o librería. La anotación se graba y despliega usando una descripción del carácter, almacenada en la tabla estándar.

La localización de una anotación se puede almacenar como un simple par coordenado que indique el comienzo, parte media o fin del elemento. También puede indicarse con dos pares de coordenadas de los puntos inicial y final y una altura o tamaño del texto. Otra opción, con dos pares de coordenadas solamente, pueden usarse para indicar los extremos inferior izquierdo y superior derecho, para definir el comienzo, fin y altura de la anotación.

La orientación de la anotación se especifica con la orientación que tengan entre sí dos pares coordenados, o mediante una regla almacenada en un ítem de la anotación. La regla puede especificar un ángulo al cual desplegar el texto, o una relación existente con otro elemento.

El tamaño de una anotación se puede indicar con la posición relativa de las coordenadas inferior izquierda y superior derecha, por una dimensión que denote altura o por un factor de escala.

La mayoría de los sistemas también despliegan e imprimen atributos no gráficos como anotaciones. Pensando en la capacidad de ser flexibles en la colocación de una anotación, algunos sistemas podrán encontrarse más limitados. Frecuentemente estos datos se colocan en un área específica, ventana, o en una incrustación con orientación respecto a un punto etiquetado y predefinido del elemento.

### **2.3.2. Estructura de datos.**

Los modelos de datos espaciales sirven para representar elementos geográficos. El primero, el modelo de datos vectorial se asemeja bastante al modelo de un mapa. (Ver figura 10). El segundo, llamado modelo de datos raster, describe localización específica de puntos sobre la Tierra, y por último, el modelo TIN, representa la forma de superficies.

a) El modelo de datos vectorial.

En un modelo vectorial, cada punto se registra como un simple par de coordenadas, cada línea se registra como una serie ordenada de coordenadas, y las áreas se registran como una serie de coordenadas que definen segmentos de línea que encierran un área y forman un polígono.

Con coordenadas X-Y, se pueden representar los puntos, líneas y polígonos como una lista de coordenadas, en vez de como un simple gráfico o dibujo.

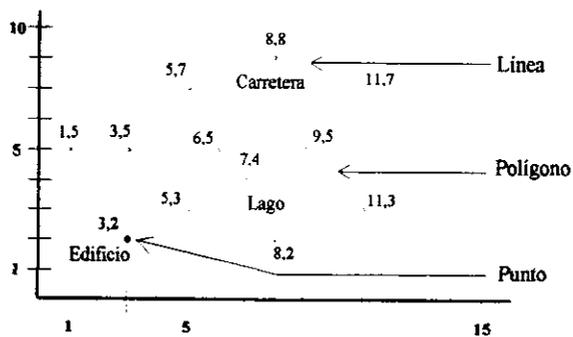


Figura 10.- Representación de elementos con estructura vectorial

Para no perder de vista muchos elementos, a cada uno se le asigna un único número de identificación o etiqueta, así, la lista de coordenadas de cada elemento se asocia con las etiquetas de los elementos.

La estructura de datos arco-nodo.

Al dibujar las fronteras de dos áreas adyacentes en un mapa se podría trazar dos veces la frontera común, pero esto es ineficiente y poco práctico. De la misma manera, puede aplicarse para almacenarse en la computadora, donde la duplicación es permitida pero no necesaria.

Repetir las coordenadas de un punto compartido por un número de líneas es ineficiente, porque el punto podría almacenarse muchas veces. Guardar cada polígono como un ciclo de coordenadas cerradas también es ineficiente porque los lados adyacentes entre polígonos se duplicarían. Una forma eficiente de almacenar datos vectoriales es con la estructura de datos arco-nodo.

La estructura de datos arco-nodo almacena y refiere datos, de tal forma que los nodos construyen arcos, y estos a su vez polígonos. Los nodos definen los dos puntos finales de un arco, además pueden conectar dos o más arcos.

Un arco es un segmento de línea entre dos nodos. Está compuesto por sus dos nodos y una serie ordenada de puntos llamadas vértices que definen su forma. Tanto los nodos como los vértices se representan como pares ordenados X-Y.

Topología.

La topología es una rama de las matemáticas que trata con dos tipos de objetos; puntos y líneas llamados nodos y bordes, y un tipo de relación básica entre ellos, llamada incidencia. En un SIG, la topología es una técnica usada para grabar y manipular las relaciones de los elementos de mapa e información geográfica.

La topología explícitamente define las relaciones espaciales. De una manera simple y práctica, las relaciones espaciales se expresan como listas (p.e., un polígono se define por una lista de arcos que comprenden su borde).

La creación y el almacenamiento de relaciones topológicas tienen un número de ventajas grandes. Los datos se almacenan eficientemente, por lo que grandes conjuntos de datos pueden procesarse rápidamente. La topología facilita funciones analíticas, tales como el modelaje del flujo a través de líneas conectadas en una red, combinación de polígonos adyacentes con características similares, identificación de elementos adyacentes y sobreposición de elementos geográficos.

En una propuesta topológica, los puntos finales e intersecciones de líneas, se registran como nodos ó celdas 0 (cero). Las propias líneas o la intersección de las mismas son ligas ó celdas 1 (uno). Las fronteras cerradas de un área formadas por cadenas de líneas son polígonos ó celdas 2 (dos). Cada elemento topológico y sus relaciones entre elementos se definen de una manera específica. Por ejemplo, un segmento de calle es una celda 1, así como su perpendicular que va desde el punto de intersección (nodo con celda 0) hasta otro nodo. Esta unión de nodos cae dentro de la definición de celda 1. La definición de nodos también incluye al punto donde se intersecta una celda 1. La descripción de la celda 2 se refiere a todas las líneas unidas que forman un área. Los nodos que se unen en un área pueden codificarse explícitamente en la definición de área o pueden ser identificados indirectamente a través de las líneas unidas y registradas en el área. De esta manera, todas

las relaciones de conectividad y adyacencia entre elementos de la base de datos del sistema pueden identificarse mediante la información topológica. (Ver figura 11).

La información topológica se usa con distintos propósitos en un GIS. Inicialmente se puede usar en la edición y control de calidad de los datos. Aplicando algunas pruebas a la topología de los datos, se pueden identificar errores tales como líneas faltantes o sobrantes.

Otros usos son la recuperación y funciones analíticas. Por ejemplo, la relación de conexión entre línea y nodo se usa para utilerías de modelado, formación de redes y rastreo en las redes para análisis de flujos. La determinación de rutas, la regionalización y otros algoritmos de análisis usan la información topológica para seleccionar o evaluar rutas y para distribuir y evaluar proximidad. La información topológica también sirve de soporte en procedimientos de sobreposición de polígonos.

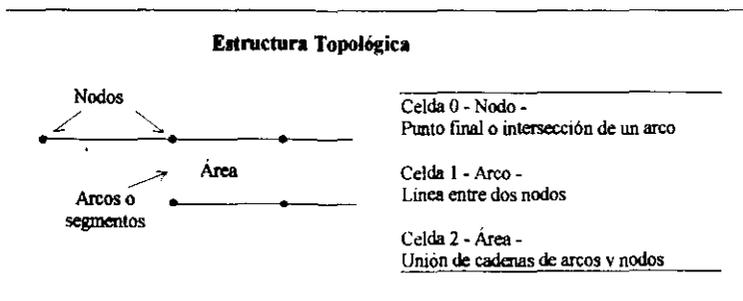


Figura 11.- La estructura topológica.

La estructura de datos arco-nodo soporta tres principales conceptos topológicos.

**Conectividad:** los arcos se conectan a otros arcos.

**Definición de área:** los arcos que se conectan alrededor de un área definen un polígono.

**Contigüedad:** los arcos tienen dirección y costados o lados.

#### A) Conectividad

Recordando la estructura de datos arco-nodo, en donde un arco se define por dos puntos, el nodo inicial indica donde comienza el arco, y el nodo final indica donde termina. Esta es la llamada topología arco-nodo.

La topología arco-nodo se define a través de una lista de arcos y nodos. Esta, identifica los nodos inicial y final de cada arco, los arcos conectados se determinan buscando los nodos comunes en la lista.

B) Definición de área.

Un área se representa en el modelo vectorial por una o más fronteras que definen un polígono. En la terminología de este modelo, una "isla" define una frontera interna de un polígono. Así es como se usa la topología para definir áreas.

Otra vez recordando la estructura arco-nodo, esta representa los polígonos con una lista ordenada de arcos que contiene un ciclo cerrado de coordenadas X-Y. Así es como existe la topología polígono-arco.

Cada arco forma parte de dos polígonos. Dado que los polígonos son simplemente una lista de arcos que definen su frontera, las coordenadas de los arcos se almacenan sólo una vez, reduciendo así la cantidad de datos y observando que las fronteras de polígonos adyacentes no se traslapan.

C) Contigüedad.

Dos elementos geográficos que forman una frontera son adyacentes. La contigüedad es el concepto topológico que permite al modelo vectorial determinar adyacencia.

El hecho de que un arco tenga nodos inicial y final, determina que un arco tiene dirección, con lo que pueden determinarse los polígonos a su izquierda y derecha. La topología de izquierda-derecha se refiere a los polígonos de los lados izquierdos y derechos de un arco.

Hasta aquí, como se ha discutido la topología, nos permite definir áreas y modelar dos tipos de asociaciones (conectividad y adyacencia). Pero hay otras asociaciones igualmente importantes que modelar entre elementos geográficos.

A) Un elemento geográfico puede ser una composición de otros elementos p.e., el conjunto de polígonos de los municipios forman el polígono de un estado.

B) El mismo elemento geográfico puede cambiar con el tiempo, y el cambio histórico de su evolución puede ser importante.

p.e., el flujo de tráfico a lo largo de un camino cambia en diferentes periodos de tiempo.

C) Dos elementos geográficos de la misma clase pueden superponerse.

p.e., el área de mercado de tiendas afines puede incluir el mismo vecindario.

El modelo vectorial de datos descrito no soporta estos tipos de asociación, por lo que surgen dos nuevos elementos de modelado para soportar estas relaciones complejas.

## Regiones

Las regiones soportan el modelado de complejas relaciones entre elementos geográficos representados como polígonos. Así como el elemento base de un polígono es el arco, el de una región es el polígono. Así pues, una región se representa como un conjunto de polígonos.

Toda vez que la premisa básica de representar objetos geográficos como polígonos impide la sobreposición de los mismos y obliga que se cubra completamente el área que se quiere tipificar, con las regiones se eliminan estas restricciones. En una región, los polígonos que representan elementos geográficos pueden traslaparse y no cubrir exhaustivamente la totalidad del área.

Otra premisa de los polígonos es que cada elemento se representa por sólo un polígono, para regiones, es extensiva la premisa, y se agrega la posibilidad de representar el elemento geográfico con varios polígonos.

Así como con los puntos, líneas y polígonos, cada región tiene un identificador único, y con los polígonos, se mantiene un área y perímetro para la región.

La construcción de regiones con polígonos es similar a construir polígonos con arcos. Así, una región es una lista de polígonos, en donde el orden de los polígonos en la lista es insignificante. La construcción de regiones sobrepuestas es similar a la construcción de polígonos, si los polígonos comparten un arco cuando lo necesitan, las regiones comparten polígonos en donde se traslapan.

Las regiones mejoran substancialmente el manejo de datos porque integran muchos tipos diferentes de elementos geográficos en un simple intento, mientras que retienen las características originales de los elementos. El manejo de las relaciones entre elementos geográficos dentro del modelo de datos es particularmente valioso cuando se desarrollan análisis complejos.

## Rutas

Las rutas definen las trayectorias a lo largo de un conjunto de elementos lineales existentes, se basan en arcos y pueden ir de un punto a otro, ser un circuito cerrado, o bien, estar desconectadas.

Algunas veces las rutas empiezan en un punto al extremo de un arco, el cual implica que al comienzo o final del arco, una parte de él se usa. Se requiere información adicional que

describa que tanto del arco se usa en la ruta, y en que parte del primero comienza la segunda. Las secciones proveen dicha información. Se representan con una región en una tabla que describe la ruta a la que pertenece, la parte del arco y dos tipos de medidas a lo largo del arco. Dos columnas describen la distancia de la ruta que representa la sección, otras dos contienen el porcentaje de arco usado.

Los eventos describen aparición de elementos localizados en una ruta. Dos tipos de eventos ocurren en una ruta, eventos puntuales y lineales, un evento puntual indica la ubicación de un elemento puntual en algún lugar de la ruta, y de manera similar, un evento lineal establece la localización de un elemento lineal de la ruta.

#### Representación de superficies con modelo vectorial

El modelo de datos vectorial representa a cada superficie como una serie de isolíneas, por ejemplo, la elevación puede representarse como una serie de contornos. Sin embargo, usadas para el despliegue de información, no es fácil soportar los cálculos de características de superficie, tales como la pendiente en un punto específico, o la dirección que lleva el talud, siendo que ambas características son importantes para analizar superficies.

#### b) El modelo de datos raster.

Si se observa una fotografía a través de un lente de aumento poderoso, se nota que está formada por una serie de puntos de diferentes colores o escala de grises. De manera similar trabaja el modelo raster; se trata de una malla de puntos (llamados celdas o píxeles), llena de valores.

Existen muchos tipos de esquemas diferentes para organizar los datos raster, dentro de los cuales se incluyen las imágenes, layers o grids, y otras formas orientadas a la organización de celdas en grids.

En una imagen raster no hay fronteras dibujadas que distingan elementos; todo es tratado como una superficie continua. El valor de cada celda en el modelo raster puede representar una clasificación, tal como el tipo de vegetación. Puede obtenerse como la cantidad de luz reflejada por la tierra y captada con un satélite, y finalmente interpretarse como elevación.

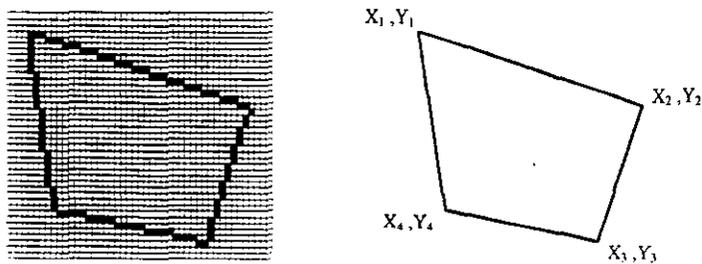
En el modelo raster, cada lugar se representa como una celda. La matriz de celdas organizadas en renglones y columnas se llama grid o malla. Cada renglón contiene un grupo de celdas con valores que representan un fenómeno geográfico. Los valores de celdas son números que representan datos nominales, medidas de intensidad de luz o mediciones relativas.

Así como el modelo vector, el raster también representa elementos puntuales, lineales y de superficie. Aquí, un elemento punto es un valor en una sola celda, un elemento de línea es una serie de celdas conectadas que dan la sensación de longitud y un elemento de área es un grupo de celdas conectadas que delimitan cierta forma. (Ver figura 12).

La precisión de un mapa depende de su escala, en el modelo raster, la resolución, y de aquí, su precisión depende del área del mundo real representada por cada celda del grid. Entre más pequeña sea el área cubierta con un grid, se tendrá mayor resolución y más precisos serán los elementos representados.

---

#### Representación Raster y Vector



---

Figura 12.- Comparación de la representación entre raster y vector.

En el procesamiento de imágenes, el cual se aplica típicamente a los datos satelitales, la celda grid se conoce como pixel, el cual es un elemento muy pequeño e indivisible. En este caso los valores representan características de la imagen en vez de atributos.

#### Representación espacial de relaciones

Las relaciones espaciales en un modelo raster son implícitas, por lo tanto no se requieren almacenar explícitamente dichas relaciones.

En un grid, todas las celdas tienen 8 vecinos (excepto las localizadas en los límites); las celdas se identifican por su posición en el grid mediante un par de coordenadas  $(X, Y)$ , y para cada una es fácil determinar las coordenadas de algún vecino con una simple adición o sustracción unitaria a sus valores  $X, Y$ .

Los datos raster se georreferencian especificando el sistema de coordenadas al cual se registra el grid, la localización de un punto de referencia en el terreno y con el tamaño de celda en unidades reales. Normalmente se usa el punto superior o inferior izquierdo para referir el grid.

La localización del punto de referencia y el tamaño de celda pueden usarse para determinar la ubicación geográfica de cualquier celda del conjunto raster. Usando el mismo sistema de coordenadas, el conjunto de datos raster puede ser organizado lógicamente para ser objeto de análisis geográfico.

#### Representación de superficies del modelo raster

En la representación de superficies se almacena un valor para cada celda. Este valor corresponde sólo al punto de la celda. El conjunto de puntos centrales de celdas en una rejilla (grid), se llama enrejado (lattice). El lattice permite cálculos precisos de superficie. Los tipos de cálculos usados incluyen el análisis de pendientes (la razón de cambio de la elevación), configuración de la pendiente e interpolaciones de contornos.

c)El modelo de datos TIN (red irregular triangulada).

Este modelo es una forma alternativa de representar superficies continuas, permite generar eficientemente modelos de superficies para analizar y desplegar terrenos y otros tipos de superficies.

El modelo TIN representa una superficie como una serie de triángulos ligados, y de aquí el adjetivo "triangulada". Los triángulos se forman con tres puntos cualesquiera ubicados en cualquier lugar, por lo que también recibe el adjetivo de "irregular". Este modelo contrasta con el raster en el que los puntos son espaciados uniformemente en el lattice, finalmente, el modelo TIN crea una red de triángulos almacenando las relaciones topológicas de sus elementos.

El elemento fundamental es la estructura del TIN es el nodo. Los nodos se conectan a sus vecinos más cercanos con bordes, de acuerdo a una serie de reglas. La topología de izquierda-derecha se implementa a los bordes para identificar triángulos adyacentes.

Los triángulos son construidos a partir de una cantidad de puntos y líneas de corte que proveen información y delimitan la superficie. Los puntos de los triángulos de un TIN invariabilmente se convierten en nodos, además de ellos se llegan a crear otros nodos de acuerdo a ciertas reglas. Los puntos originales pueden estar localizadas en cualquier parte, pero una cuidadosa selección de estos, se traduce en un mejor modelo de la superficie.

Puntos bien localizados son aquellos que están en donde hay un cambio importante en la forma de la superficie, por ejemplo, en la cima de una montaña, el punto más bajo de un valle, o en el filo de un acantilado. La conexión de puntos en un valle o en el filo del acantilado, definen una línea de corte (breakline) en la superficie. Ejemplos típicos de breaklines son los ríos y las costas, los break lines pueden controlar la forma del modelo de superficie, siempre forman las aristas de los triángulos y generalmente no se pueden mover.

Un triángulo siempre tiene sólo tres lados rectos, lo que hace su representación algo más simple. A un triángulo se le asigna un identificador único, está definido por sus tres nodos y sus dos o tres vecinos. Las aristas están implícitas en el modelo. La primera se define como la que va del nodo 1 al 2, la segunda del 2 al 3 y la tercera del 3 al 1. El orden de los triángulos vecinos lo determina el orden del arista, así que el vecino 1 es el que comparte la arista 1.

#### Uso de los tres modelos juntos

Los modelos vector, raster y TIN son poderosas formas de modelar la Tierra. Cada uno de ellos usa el sistema cartesiano de coordenadas para definir ubicaciones de la superficie terrestre. Adoptando una proyección de mapa y escala comunes, y ajustando las coordenadas para que cada modelo comparta un origen común, se asegura que la misma coordenada representa el mismo lugar de cada modelo. A esto se le llama georeferenciación, y es importante porque permite seleccionar el modelo de datos óptimo para representar un aspecto específico de la Tierra. También permite una gran flexibilidad para analizar y desplegar datos.

#### Métodos para representar información descriptiva.

Los atributos descriptivos asociados a elementos geográficos se almacenan en la computadora de una manera similar a como se almacenan las coordenadas. Los atributos se guardan como un conjunto de números y caracteres en un archivo de datos para cada elemento geográfico. Cada archivo de datos se conoce como tabla de atributos, en donde cada renglón de la tabla es un registro y contiene información descriptiva de un solo elemento. Las columnas o campos aparecen para cada registro. A cada columna se le conoce como ítem.

#### Liga entre atributos y elementos. El modelo georelacional

En un mapa, los símbolos y texto contienen información descriptiva. Frecuentemente la información textual provee una manera de acceder información adicional organizada en otros

archivos. En este caso, el mapa es una herramienta poderosa por contener información referida.

El mismo concepto se aplica a los modelos de datos espaciales. Una capacidad sumamente poderosa de un SIG consiste en la liga existente entre datos espaciales y datos tabulares. Un modelo híbrido de datos, conocido como modelo georrelacional, se usa para mantener la conexión entre elementos y sus respectivos datos descriptivos.

Anteriormente, se ha visto que los elementos se representan a través de coordenadas y topología. También se mencionó que los datos descriptivos se organizan en una serie de registros en tablas. El siguiente concepto que se debe entender es la forma en que se crea la liga entre la definición espacial de elementos y sus correspondientes atributos, se trata de una relación muy simple, en donde el identificador único de un elemento se asocia con sus coordenadas, manteniendo una correspondencia uno a uno entre los registros espaciales y sus registros de atributos. Una vez que se establece esta conexión, se puede desplegar información de los atributos o crear un mapa basado en los atributos almacenados en tablas.

El concepto relacional puede aplicarse para mantener concordancia de elementos y sus atributos. Cualquiera dos tablas que compartan un atributo común pueden relacionarse. Una relación usa un ítem común para establecer conexiones entre registros de dos tablas.

El registro de una tabla se conecta a otro registro en otra tabla que comparte el mismo valor de un ítem común. El ítem común se conoce como llave. El concepto relacional soporta relaciones entre el SIG y otras fuentes de datos.

Organización de información geográfica.

Para entender y describir un mundo complejo, se deben crear esquemas de clasificación. Estos, se basan en características comunes que se usan para describir los objetos. La clasificación de elementos geográficos ayuda a modelar la vista del mundo y decidir las distinciones importantes.

Un buen esquema de clasificación ayuda a traducir la vista del mundo real en un modelo de datos espaciales apropiado dentro de un SIG.

El modelo de datos presentado es una forma de clasificación. Los puntos nodos, arcos, polígonos y celdas son clases diferentes porque cada uno tiene un conjunto de características diferentes.

La clasificación depende de lo que se está tratando de modelar en SIG. Entender las necesidades ayudará a definir la clasificación.

Dos de las consideraciones más comunes para organizar información geográfica son; el agrupamiento temático de elementos y sus atributos, y la representación de datos que se usará (vector, raster y TIN).

Una propuesta para organizar datos podría ser:

- Identificar que se quiere hacer con el SIG
- Identificar que datos requiere la organización para soportar los requerimientos.
- Identificar las características de los datos y hacer una clasificación.
- Identificar el modelo de datos espaciales que sea más apropiado para las clases de datos y ajustar la clasificación si se requiere.

### 2.3.3. Bases de datos cartográficas.

Los componentes gráficos de una base de datos SIG se describen como una serie de capas o layers en los que cada una de ellas contiene elementos de mapa que se relacionan funcionalmente. Cada layer es un conjunto de elementos homogéneos que se registran según su posición con respecto a los otros layers de la base a través de un sistema de coordenadas común. La separación de los datos en layers tiene su base en las relaciones lógicas y en la representación gráfica de conjuntos de elementos. El propósito principal de la segmentación es simplificar la combinación de elementos a desplegar. (Ver figura 13).



---

*Aunque cada software varíe la forma en que maneja físicamente sus datos gráficos, el concepto de organización de datos en layers se usa para conceptualizar la estructura de los datos*

---

Figura 13.- Los layers en los SIG.

Para registrar los varios layers de elementos en un mapa se usa una estructura de control geodésico, ya que se prefiere sobre otros esquemas de referencia que sirven para lo mismo. El esquema de layers o estratificación electrónica se compara con una serie de sobreposición en un sistema manual de mapas.

Aunque la base de datos muy frecuentemente se concibe como una serie de layers, en realidad, los sistemas SIG usan varias técnicas para diferenciar elementos. Algunos almacenan conjuntos de elementos como layers digitales, otros asignan una tipificación de datos a los elementos, y otros, usan atributos para separar o combinar elementos.

La secuencia de layers suele comenzar con la malla de referencia y datos base. Dentro de estos últimos se incluyen puntos de control geodésico cuyas coordenadas se encuentran bien registradas sobre la superficie terrestre, y elementos planimétricos que se compilan de la fotogrametría aérea y de levantamientos topográficos del terreno. Subsecuentemente se registran otros elementos a la base de datos. Estos últimos pueden ser información topográfica de parcelas, fronteras políticas y administrativas, construcciones y obras de infraestructura, condiciones físicas naturales, etc.

#### **2.4. Geomática.**

La geomática es una nueva corriente que engloba todas aquellas disciplinas que de una u otra manera consideran dentro de sus estructuras datos una referencia a la geografía asociando sus rasgos a una base de datos alfanumérica. (Ver figura 14).

Las diferentes disciplinas que caen dentro de la geomática son:

Procesamiento de imágenes.	Sistema de inventario (catastro)
Cartografía asistida por computadora	Geodésia (GPS)
Levantamientos topográficos	Fotogrametría digital
AM/FM (Automated Mapping / Facilities Management;	Sistemas geográficos
Mapeo Automatizado / Administración de Servicios Municipales.	

# GEOMATICA

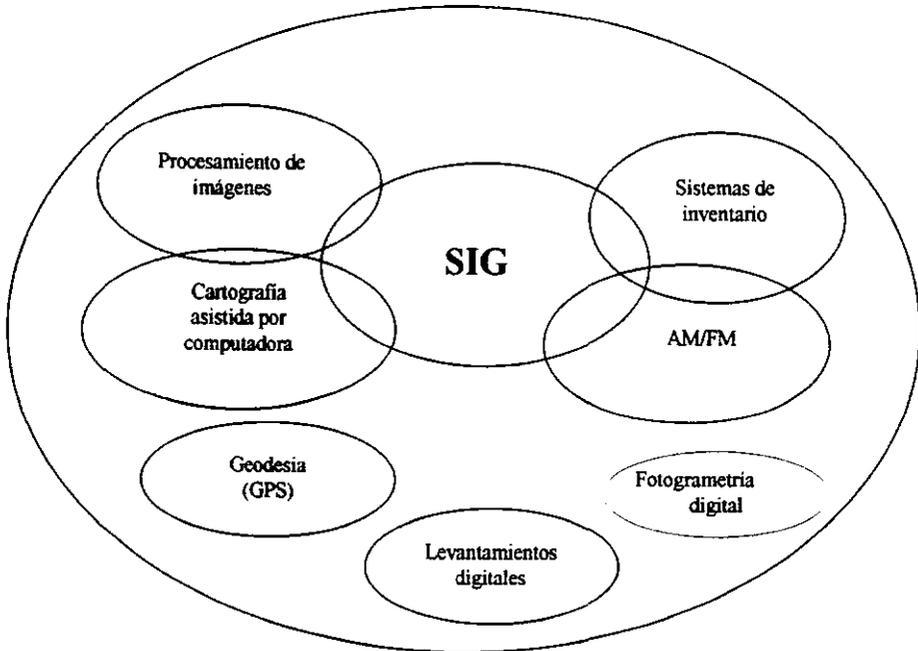


Figura 14 La geomática.

## 2.4.1 PERCEPCIÓN REMOTA (GPS).

Los sistemas conocidos como GPNS (Global Positioning and Navigation Systems) comenzaron a operar bajo el auspicio del Departamento de Defensa de los Estados Unidos con objetivos puramente militares. En la actualidad el programa GPS (Global Positioning System) incluye 21 satélites, más tres de repuesto, que se sitúan en órbitas a 10900 millas sobre la Tierra, formando un sistema de navegación continuo, sin puntos ciegos ni áreas muertas.

En la actualidad la fuerza aérea de los EEUU. Ha programado el lanzamiento del satélite número 24 y ha notificado que el sistema está disponible para uso civil. Con el receptor de GPS apropiado ó "motor" como algunos lo llaman, el GPS establece la posición mediante la intersección de las llamadas Líneas de Posición (LOPs). El receptor de GPS es lo que se puede llamar un sextante automatizado. El GPS es un sistema basado en tiempo con todos los cálculos y comparaciones resueltos mediante dispositivos electrónicos de alta tecnología. Todos los satélites del sistema GPS están vinculados a la misma base de tiempo precisa. Los relojes son tan exactos que sí, por ejemplo, hay una diferencia de una milésima de

segundo entre un receptor y los cronómetros del satélite el ajuste de posición resultante puede alejarse 186 millas, lo que sería un error grave para la navegación.

El sistema es fácil de usar, de manera que se pierde el concepto de complejidad e integración de cálculos cuando toda la información, el tiempo y posición puede ser representados en una unidad pequeña y compacta. Como se trata de un sistema de origen militar, el GPS funciona para tierra, mar y aire. La tormenta del desierto fue terreno de prueba para el GPS en una gran variedad de situaciones tácticas y centro la utilidad del sistema en pequeños sistemas manuales portátiles. Estas capacidades ha desarrollado un gran mercado comercial con aplicaciones en aviación, marina (navegación y manejo de tráfico en tiempo real), reconocimiento, ubicación y seguimiento de vehículos y administración de recursos naturales. El valor de dicho mercado se estima en 6 mil millones de dólares para 1996.

### III.- EL SISTEMA SCADA DEL VALLE DE MEXICO.

#### 3.1 GENERALIDADES.

En este capítulo se describen algunas características funcionales del sistema de Adquisición de Datos suministrado por SAINCO, cuya función principal es la de control y optimización de la red de poliductos del Valle de México gestionada por PEMEX Refinación.

El sistema SCADA permite obtener información en tiempo real de los distintos parámetros que gobiernan el funcionamiento de la red de Poliductos del Valle de México, a través de equipos remotos instalados en campo. Las decisiones de control pueden partir tanto desde los operadores del sistema, como de programas internos que posean una lógica preconcebidas y actúen como respuesta a los distintos eventos ocurridos en la red. La toma de decisiones de control por parte de los operadores surge del criterio directo de éstos, ya sea basándose en su experiencia personal o bajo la ayuda de los distintos programas de aplicación.

El paquete software que desarrolla la funcionalidad de SCADA en el Centro de Control de PEMEX se denomina OASyS (Open Architecture System) de la empresa canadiense Valmet Automation. Entre las principales características del OASyS se encuentran:

- Es un sistema distribuido.
- Utiliza software estándar en la industria (UNIX,X11,SYBASE,TCP/IP).
- Sus principales componentes son: Interfase de usuario, Gestores de bases de datos y Herramientas de soporte.

La estructura central que subyace dentro del SCADA OASyS es la RDMS (Relational Database Management System) utilizada para almacenar los datos adquiridos y que suministra la base necesaria para el procesamiento de datos, control de dispositivos y monitoreo interno de procesos.

La estructura RDMS de OASyS está dividida en dos base de datos (una para tiempo real y otra para datos históricos). La base de tiempo real se conoce como CMX (Control & Measurement eXecutive) y almacena los datos de medidas y dispositivos de campo. La base de datos histórica se conoce como XIS (eXtended Information System) y almacena los datos históricos que son utilizados para análisis a través de sistemas de información.

El SCADA OASyS está constituido por una estructura distribuida de ordenadores para la supervisión y control de datos de tiempo real y el almacenamiento de datos históricos. La apertura del sistema se logra mediante la utilización de un sistema operativo ampliamente

aceptado como es UNIX, una base de datos compatible con SQL (SYBASE) y unas comunicaciones basadas en el estándar TCP/IP.

El sistema OASyS se basa fundamentalmente en una filosofía de transacciones cliente/servidor permite la interrelación de numerosas fuentes de datos, entre las cuales se encuentra OASyS, el cual se compone para este proyecto de 3 subsistemas:

**CMX:**

Núcleo SCADA de Tiempo Real. Realiza el control, manejo, carga y transacciones sobre la base de tiempo real. Contiene las comunicaciones con UTR's y el procesamiento de los datos recibidos de éstas. Realiza diversas funciones como: Procesamiento de Alarmas, Tendencias, Control de la configuración, etc. Su funcionalidad sirve como base para la toma de decisiones sobre la gestión de la red.

**XOS:**

Software para puesto de operación basado en X-Windows. Contiene la Interface Hombre-Máquina (basada en el estándar GUI (Graphical User Interface) para la presentación de datos y el Control de Dispositivos.

La presentación en tiempo real, integrando la parte estática con los datos de SCADA, la realizan los procesos existentes en XOS, realizados mediante un paquete de presentación gráfica denominado SAMMI.

**OMS:**

El OASyS Management System es el encargado de proporcionar el soporte necesario para la realización de tareas de administración en el SCADA. Bajo este nombre por un lado tendremos una única estación de trabajo encargada de mantener todo el software de OASyS en este se incluye todas las fuentes de las aplicaciones y bases de datos así como ficheros de configuración y fuentes de los gráficos. Desde esta estación se hace una distribución del software al resto de los nodos del sistema.

Por otro lado se tiene un conjunto de herramientas de gestión de las bases de datos creación y modificación de informes que se podrán ejecutar desde cualquiera de las estaciones XOS si se tiene la debida autorización y siempre que sea posible la conexión con la estación OMS antes mencionada.

La distribución del software (ejecutables, scripts de comandos, informes) desde la estación OMS hacia el resto de los nodos OASyS se realiza a través de la utilidad "distribute" del OASyS.

Esta utilidad basada en el comando "rdist" del UNIX envía los ficheros al resto del sistema valiéndose de la información que obtiene de:

- Las tablas *services*, *xosdisplay* y *x\_app* donde se encuentra almacenada la configuración actual del sistema.
- Los ficheros CMX, XIS y XOS en el directorio de configuración que contienen la lista de ficheros requeridos por cada uno de los servicios correspondientes.
- La propia línea de comandos donde se pueden introducir diferentes opciones para seleccionar el nodo de destino, el servicio, el fichero o directorio a actualizar, etc.

#### **XIS:**

Software para el Sistema de Información. Consiste en una base de datos relacional con información histórica de la evolución del sistema.

La base de datos utilizada como soporte de este subsistema es SYBASE. El acceso a los datos históricos se realiza a través de "SQL Open Server" que es parte integrante de SYBASE.

La relación cliente/servidor suministra la base necesaria para la intercomunicación entre procesos, sin necesidad de preocuparse de su localización física dentro de la red (en qué ordenador de los que constituyen el centro se encuentra funcionando los distintos módulos).

### **3.2 MODELO CONCEPTUAL.**

En la siguiente figura (15) se representa este modelo.

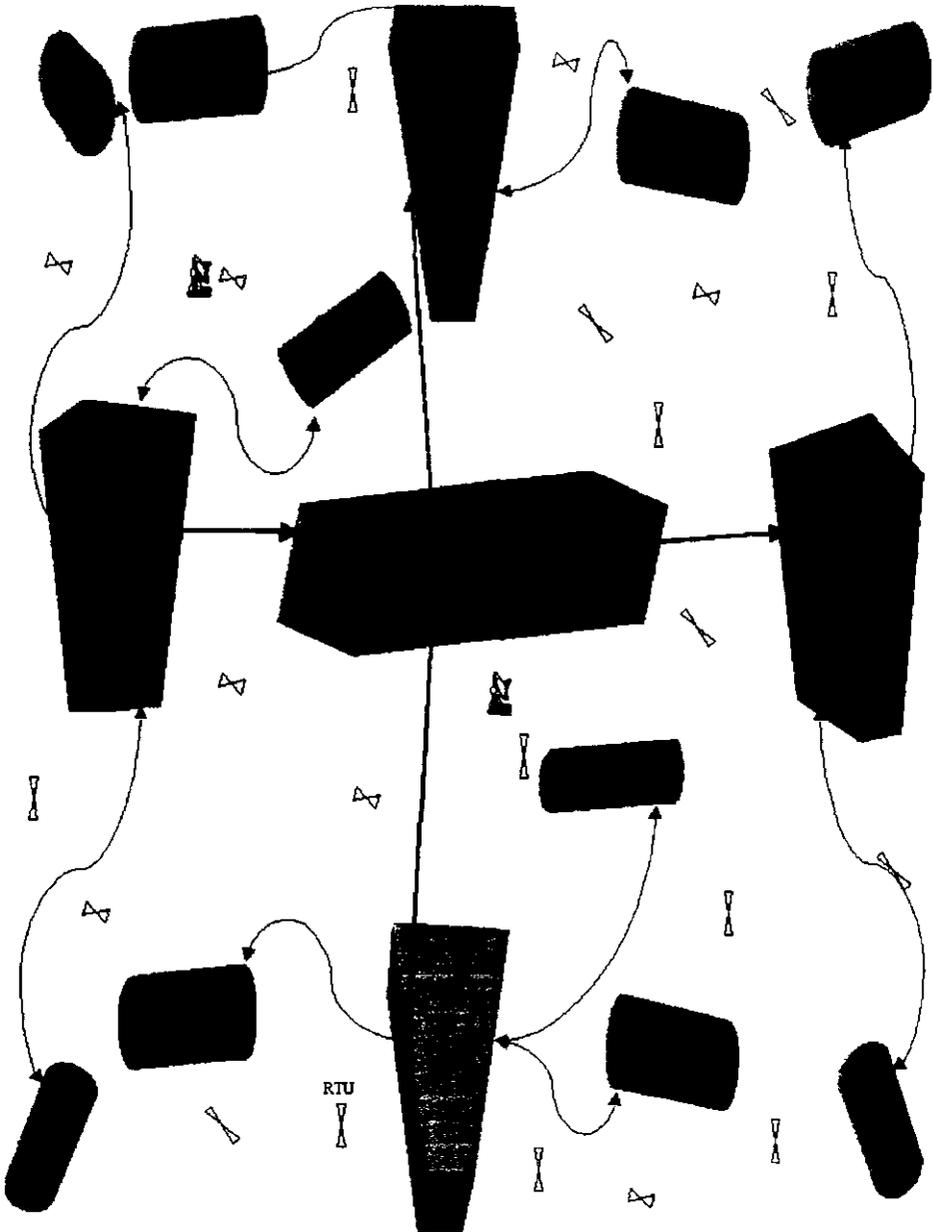


Figura 15.- Modelo conceptual del SCADA del Valle de México.

### **3.2.1 COMPOSICIÓN DEL SCADA DEL VALLE DE MEXICO.**

El sistema SCADA se compone un Centro de Control Principal (CCP), cuatro Centros de Información Remotos (CIR), diez Centros de Operación remotos (COR), Estaciones Remotas de captación de datos (UTR) y un conjunto de equipos de comunicaciones que interconectan los distintos componentes.

### **3.2.2 CENTRO DE CONTROL PRINCIPAL.**

El Centro de Control Principal se compone de dos ordenadores principales o servidores de tiempo real, dos ordenadores secundarios o servidores de datos históricos, cuatro estaciones de trabajo para la interfase hombre-máquina, una estación de trabajo como centro de control del software y una estación de trabajo y un ordenador personal para aplicaciones. Las estaciones de trabajo pueden actuar como puesto extras de operación.

Los servidores de tiempo real poseen el subsistema CMX, actúan en una configuración redundante, estando uno de ellos en estado Activo y otro en estado de Reserva. El nodo Activo realiza todas las comunicaciones con las estaciones remotas, procesa los datos obtenidos de ellas y los almacena en la base de datos de tiempo real. Paralelamente a lo anterior suministra datos al resto de subsistemas existentes en los distintos nodos a través de un servidor de datos al cual se tiene acceso a través de sentencias SQL. El nodo en estado Reserva posee activos todos los procesos de tiempo real (duplicados de los existentes en el nodo Activo) pero a la espera de las posibles necesidades de conmutación de funciones entre uno y otro nodo. Su actividad se centra en la monitorización del estado del nodo Activo para la detección de cualquier fallo que pueda hacer necesaria una conmutación y la actualización de su propia base de datos a partir de la que se encuentra en Activo. Todos los datos de tiempo real existentes en las bases de datos del servidor activo se encuentran, simultáneamente, en las bases de datos del servidor en estado de reserva.

Los servidores de datos históricos poseen el subsistema XIS. En su interior reside la base de datos relacional que constituye el soporte para el almacenamiento y manipulación de los datos históricos. Igualmente residen los procesos encargados de realizar la captura y procesamiento de los datos de tiempo real susceptibles de ser almacenados como datos históricos. Al igual que en el caso anterior ambos nodos actúan en una configuración Activo/Reserva, estando todos los procesos del nodo reserva arrancados y en espera de las necesidades de conmutación. Los datos históricos son almacenados en un conjunto de discos compartidos por ambos ordenadores. Ambos nodos acceden a los discos a través de un bus SCSI compartido. Los discos se encuentran configurados según el procedimiento

Master/Mirror. En esta configuración cada disco Master existente posee un disco Mirror con una configuración y contenidos idénticos a los del disco Master correspondiente. Esta configuración permite que ante la eventualidad de un fallo en uno de los discos no se pare la captura de datos históricos, ni se pierdan ninguno de los ya almacenados.

Los ordenadores dedicados al interfase hombre-máquina poseen el subsistema XOS. Dentro de ellos residen todos los procesos encargados de la presentación de datos en las pantallas gráficas y los encargados de obtener estos datos tanto del servidor de tiempo real como del servidor de datos históricos que se encuentren activos. Cada ordenador soporta la funcionalidad de un puesto de operación con una pantalla de presentación de gráficos.

Una de las estaciones de trabajo actuará como OMS del sistema y en su disco se residirá el software del SCADA disponible para ser distribuido al resto de los nodos. Las labores de mantenimiento se realizarán siempre trabajando contra este disco.

En caso de producirse un fallo en la estación de ingeniería designada como OMS cualquier otra estación podrá configurarse en un corto espacio de tiempo para desempeñar estas funciones si previamente se configura como OMS y se restauran las cintas de backup del sistema.

Sobre el nodo de aplicaciones no reside ningún subsistema específico de SCADA.

Las estaciones remotas de adquisición de datos y control se encargan de capturar en tiempo real los distintos valores que suministran los instrumentos de campo y envía estos datos hacia el Centro de Control; también se encargan de ejecutar las operaciones de control sobre dispositivos recibidas desde el Centro de Control.

Todos los ordenadores existentes en el Centro de Control Principal se relacionan entre si a través de un sistema de comunicaciones que funcionalmente es el siguiente:

Existe una doble red de comunicaciones de área local soportada sobre un medio físico **Ethernet/IEEE 802.3** y con un protocolo de red **TCP/IP**. La existencia de doble red posibilita que bajo la eventualidad de fallo en una de las redes, el sistema prosiga su gestión sin la pérdida de ninguna de sus funcionalidad. En este sentido hay que tener en cuenta que al ser un sistema abierto y de funcionalidad distribuida, la comunicación entre los distintos nodos es de vital importancia en la operación del sistema debido a través de las redes de comunicaciones es como se obtienen los datos desde los servidores. Cada red que conforma esta red doble de área local tiene capacidad suficiente, por si misma, para soportar todas las funciones del Centro de Control y asumir todo el tráfico de datos correspondiente.

Los servidores de tiempo real se comunican con las estaciones remotas a través de líneas dedicadas asincronas **RS232-C** A 9600 BAUDIOS. Estas salidas hacia las remotas parten

desde dos servidores de terminales redundantes y enlazados con los nodos de tiempo real a través de una red Ethernet. Ambos servidores de terminales convergen en sus salidas hacia un conmutador digital que permite redireccionar las salidas y entradas de datos hacia cualquier de los dos servidores de terminales.

El sistema permite la utilización de otros medios físicos de comunicaciones distintos de los existentes en la actualidad, como fibra óptica o portadora. Además del hardware específico no incluido en el alcance del proyecto el soporte de otros medios físicos de comunicación vendrá impuesto por la asociación de una línea dedicada de salida del servidor de terminales al nuevo medio físico. Esta línea dedicada deberá definirse los parámetros asociados adecuadamente.

### **3.3 ADQUISICIÓN DE DATOS.**

Los datos del sistema se adquieren a través de señales, las cuales se captan en las estaciones remotas y se transmiten hacia el Centro de Control a través de líneas dedicadas. Cada una de las líneas puede tener un número variables de estaciones remotas asociadas. El nodo CMX activo, a través de los procesos de comunicaciones, envía hacia cada una de las remotas los mensajes de obtención de datos o de envío de comandos. Cada línea de comunicaciones está gobernada por un único proceso que se encarga de mover los datos de las estaciones al Centro de Control.

Existe, en la base de datos CMX, una tabla que permite la definición de las características de la línea de comunicaciones. El protocolo de comunicaciones utilizado para la obtención se señales se explica el punto 2.5.

#### **3.3.1 EL FLUJO DE DATOS.**

El flujo de datos dentro del SCADA, desde la entrada a través de las distintas líneas de comunicaciones hasta su reflejo gráfico en las consolas de operación o el almacenamiento en la base de datos histórica, tiene su centro neurálgico en la base de datos de tiempo real CMX. Dentro de CMX se encuentra almacenada toda la información que gobierna el camino que deben seguir cada uno de los datos dentro del SCADA, indicando cuales deben ir a la máquina de reserva, cuales deben ser almacenadas en históricos, cuales ser impresos en las impresoras de sucesos, etc. El esquema conceptual de flujo de datos se muestra a continuación. (Ver figura 16).

Desde el punto de vista físico, la comunicación entre los distintos componentes hardware que posee el Sistema ocurre a través de tres caminos:

- Una red local de comunicaciones (LAN) redundante, sobre medio físico Ethernet y protocolo TCP/IP, une los distintos equipos existentes en el Centro de Control Principal.
- Una red de comunicaciones (WAN), sobre una línea dedicada de 9.6Kb y protocolo TCP/IP, une el Centro de Control Principal con los Centros de Información remotos.
- Varias líneas de comunicaciones serie, sobre líneas dedicadas, que unen las estaciones remotas existentes con el Sistema. El protocolo utilizado para el intercambio de datos es DF1.
- La red existente entre los ordenadores que soportan los distintos subsistemas, se configura como una doble red LAN que une cada uno de los ordenadores primarios con los correspondientes ordenadores secundarios. Además de los ordenadores de CMX(primario y secundario) y los de XIS (primario y secundario), existen cuatro servidores de terminales que se conectan a ambas redes. Los servidores de terminales actúan con multiplexores de las líneas de comunicaciones con las remotas. Mantienen una conexión TCP/IP con los ordenadores CMX, a través de la cual reciben los datos que deben ser enviados a las remotas. El servidor de terminales dirige estos datos a la línea serie correspondiente.

Entre los servidores de terminales y las líneas físicas con las remotas, existe un difusor digital, cuya misión es la de enviar los mensajes recibidos desde las remotas hacia ambos servidores de terminales.

Si denominamos LAN A Y LANB a las dos redes locales existentes en el SCADA, se distribuye el tráfico de datos de los equipos duales de la siguiente manera:

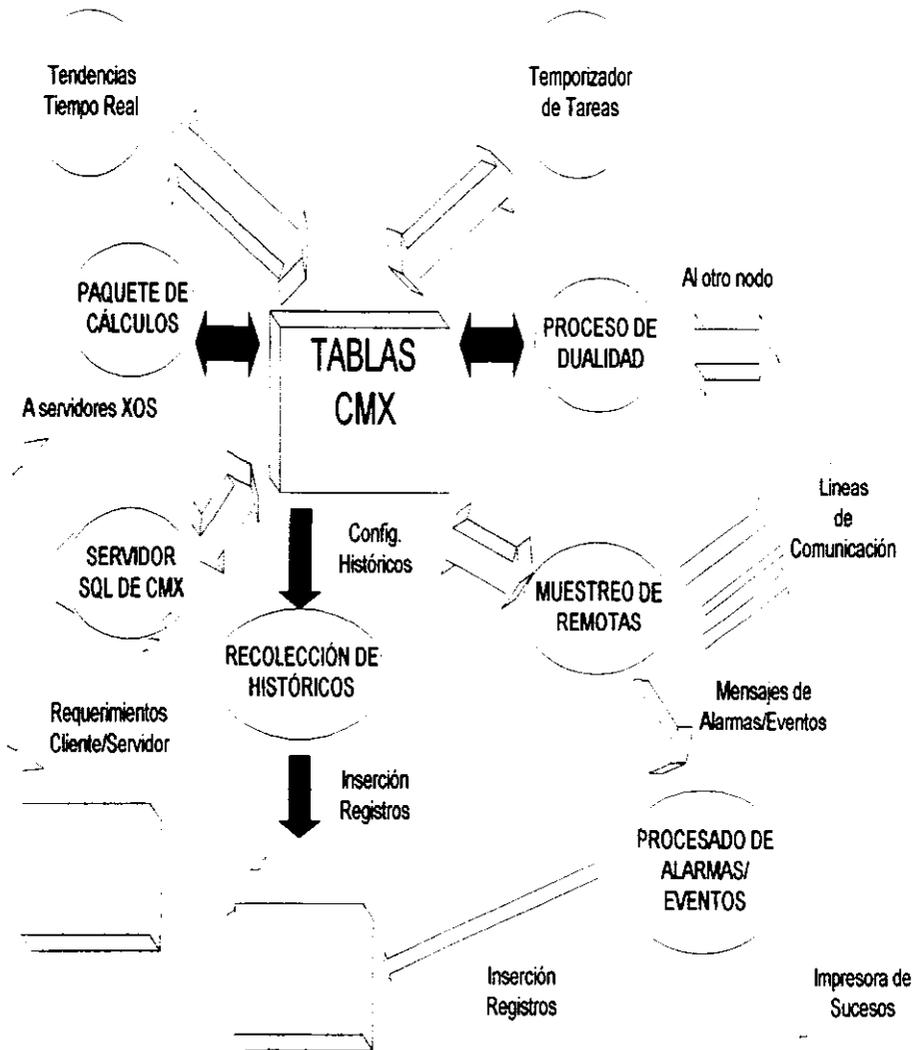
- La red LAN A soporta el tráfico generado por el procesador CMX1, servidores de terminales 1 y 3 y el procesador XIS2.
- La red LAN B soporta el tráfico generado por el procesador CMX2, servidores de terminales 2 y 4 y el procesador XIS1.

Como resultado de esto, con el sistema en estado norma (CMX1 Activo y XIS2 Activo), el tráfico de datos se lleva a cabo a través de la red primaria (LAN A). En caso de fallo de la red primaria se producirá una conmutación y el nodo CMX2 intentará acceder a los servidores de terminales 2 y 4 por la otra LAN la B y al nodo XIS1 para el control del almacenamiento de datos históricos, pasando el tráfico de datos a la red secundaria (LAN B).

En la siguiente figura se muestra un esquema del flujo de datos a través de los distintos dispositivos del Sistema. Los dispositivos en color oscuro son los que se encuentran en estado de servicio. (Ver figura 17).

Cuando ocurre un fallo en la red primaria, se pasa todo el flujo de datos a la red secundaria. La conmutación de redes LAN está siempre provocada por alguno de los elementos de la red (dispositivos con dirección IP). Todos estos dispositivos son definidos en base de datos para que provoquen o no provoquen la conmutación de redes.

Los datos que necesitan las consolas de operación se obtiene siempre a través de la red LAN que se encuentra activa, utilizando los mecanismos de enrutado de datos disponibles sobre TCP/IP.



**Figura 16.- FLUJO LÓGICO DE DATOS EN SCADA.**

La configuración TCP/IP necesarias para que el enrutamiento de datos hacia el CCE y hacia el resto de estaciones de trabajo no presentes en la siguiente figura, queda fuera del alcance de este trabajo.

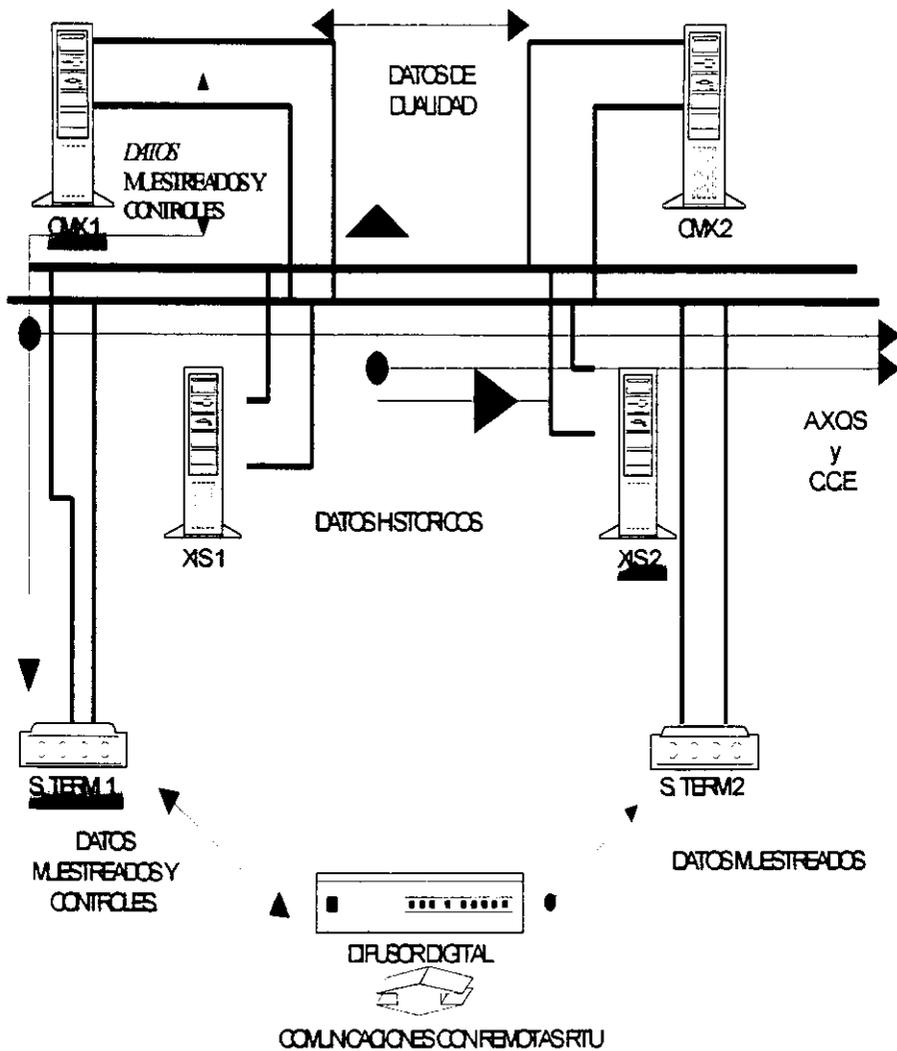


Figura 17.- FLUJO FÍSICO DE DATOS SOBRE LAN PRIMARIA.



CMX1, XS2 y S.TERM.1; SON LOS NODOS QUE SE ENCUENTRAN ACTIVOS



CMX2, XS1 y S.TERM.2; SON LOS NODOS QUE ESTÁN EN ESPERA

- **CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DEL CENTRO DE CONTROL PRINCIPAL:**

Todos los sistemas que componen el puesto central de mando están unidos por dos redes tipo Ethernet IEEE 802.3 que permiten realizar las transferencias de datos entre los puestos de operador y el sistema de datos en tiempo real así como la captura por parte de este sistema de los datos que recogen los servidores de comunicaciones.

- 1. Sistema de Control de Datos en Tiempo Real (CMX).**

El sistema consta de:

Dos servidores HP J210 con las siguientes características y equipamiento cada uno:

- Procesador PA-RISC
- Memoria RAM de 128 Mb.
- Disco duro interno de 2 Gb.
- Cinta DAT de 4mm y 4 Gb.
- Unidad CD-ROM de 650 MB.
- Un interfase IEEE 802.3 adicional.
- Monitor Color de 17", teclado y ratón.

El servidor SCADA realiza las tareas de control de las comunicaciones con los equipos de toma de datos, de esta forma lleva la base de datos en tiempo real de la aplicación, en la que se basan los puestos de operador para la representación de los elementos que forman parte del sistema de control.

Por otra parte el propio sistema de control SCADA esta duplicado en dos servidores duales para permitir una mayor seguridad en la explotación estando uno de los servidores en reserva por si falla el otro.

- 2. Sistema de Control de Datos Históricas (XIS).**

El sistema consta de:

Dos servidores HP J210 con las siguientes características y equipamiento cada uno:

- Procesador PA-RISC
- Memoria RAM de 128 Mb.
- Disco duro interno de 2 Gb.
- Cinta DAT de 4mm y 4 Gb.
- Unidad CD-ROM de 650 MB.
- Un interfase IEEE 802.3 adicional.
- Monitor Color de 17", teclado y ratón.
- 6 Gb. De disco externo en configuración Mirror con el otro servidor XIS.
- Un disco óptico WORM compartido por los dos servidores.

El XIS es responsable de controlar el sistema de archivos de datos históricos para el seguimiento en el tiempo la explotación del sistema de control, de forma que se puedan realizar consultas de datos antiguos así como reportes según las necesidades del cliente. El almacenamiento de los datos históricos se realiza en la unidad de disco externa que en realidad es un sistema de dos discos duplicados en mirror para mayor seguridad.

Por otra parte el propio sistema de control SCADA esta duplicado en dos servidores duales para permitir una mayor seguridad en la explotación estando uno de los servidores en reserva por si falla el otro.

### **3. Puestos de Operador (XOS).**

Se compone de:

Cuatro estaciones de trabajo HP modelo 712/80. Estas estaciones de trabajo se utilizan única y exclusivamente como procesadores gráficos. Cada una incluye el siguiente equipamiento:

Procesador PA-RISC

Memoria RAM de 64 Mb.

Disco duro interno de 1 Gb.

Cinta DAT de 4mm y 4 Gb.

Unidad CD-ROM de 650 MB.

Un interfase IEEE 802.3 adicional para su conexión a red.

Monitor de resolución 1280 x 1024 y 20 pulgadas con una velocidad de refresco de 50 - 150 Hz. (multisync).

Teclado y ratón.

El operador será capaz por tanto de controlar los distintos componentes de campo del alcance del proyecto a través de la interfase hombre - máquina operando con el ratón y el teclado. La configuración de estas cuatro estaciones de trabajo dará a los operadores consistirá en dos consolas de Operación cada una de ellas con dos estaciones de Trabajo.

### **4. Estación de Mantenimiento del Sistema (OMS).**

Se compone de:

Una estación de trabajo HP modelo 712/80 con el siguiente equipamiento:

Procesador PA-RISC.

Memoria RAM de 96 Mb.

Disco Duro interno de 2 Gb.

Cinta DAT de 4 mm. Y 4 Gb.

Unidad CD-ROM de 650 Mb.

Una interfase IEEE 802.3 adicional para su conexión a red.

Un monitor de resolución 1280 x 1024 y 20 pulgadas con una velocidad de Refresco de 50 - 150 Hz. (multisync).

Teclado y ratón.

Licencias de desarrollo para C y C++

El objetivo de este equipo es la centralización de todos los módulos de software en una única máquina a partir de la cual se distribuirá a los distintos componentes de la Aplicación.

#### **5. Estación de Aplicaciones.**

Un servidor HP modelo J210, con el siguiente equipamiento: Procesador PA-RISC

Memoria RAM de 128 Mb.

Disco duro interno de 2 Gb.

Cinta DAT de 4mm y 4 Gb.

Unidad CD-ROM de 650 MB.

Un interfase IEEE 802.3 adicional para su conexión a red.

Un Monitor de resolución 1280 x 1024 y 20 pulgadas con una velocidad de Refresco de 50 - 150 Hz. (multisync).

Teclado y ratón.

Un ordenador Personal, con el siguiente equipamiento:

Procesador 486 DX4.

Memoria RAM de 16 Mb.

Disco Duro interno de 540 Mb.

Un monitor de resolución 1280 x 1024 y 20 pulgadas con una velocidad de Refresco de 50 - 150 Hz. (multisync).

Teclado y ratón.

#### **6. Impresoras.**

Dentro del alcance de la configuración de equipos para el Centro de Control Principal se suministrarán las siguientes impresoras:

Una HP LaserJet 5m w/PS/LocalTalk/10b-T. Esta impresora está conectada a la red por lo que será accesible para todos los puestos de operador. Se dedicará a la emisión de reportes.

Una HP 1600CM Color Ink Jet. Esta impresora está conectada a la red por lo que será accesible por todos los puestos de operador.

Dos Epson LQ2170 matricial de 24 agujas con interfase serie para el registro cronológico de alarmas y eventos.

## **7. Equipos de Comunicaciones.**

Dentro del alcance de la configuración de equipos para el Centro de Control Principal se suministrarán las siguientes equipos de comunicaciones:

Cuatro Servidores de terminales con capacidades de 20 canales cada uno para la interconexión del Centro con las distintas UTR's que componen el proyecto. Dos de estos servidores de Terminales se conectarán a una Red de área local y los otros dos a la otra para asegurar la configuración redundante en el subsistema de adquisición de comunicaciones.

Dos Digital Bridge de 16 canales cada uno para realizar la interconexión de los Servidores de Terminales con los equipos de comunicaciones de PEMEX que realizarán el enlace con las UTR's.

### **• CENTRO DE OPERACIÓN REMOTOS (COR).**

Dentro del alcance del proyecto se incluyen estaciones de trabajo como centros de control remoto en las instalaciones de:

1. Tula
2. Azcapotzalco.
3. Pachuca.
4. Terminal Satélite Oriente.
5. Terminal Satélite Sur.
6. A.S.A.
7. Cuernavaca.
8. Toluca.
9. Terminal Satélite Norte.
10. Cima de Togo.

En cada uno de los lugares antes mencionados se dispondrá de:

Una estación de trabajo HP modelo 712/80 con el siguiente equipamiento:

Procesador PA-RISC.

Memoria RAM de 96 Mb.

Disco duro interno de 2 Gb.

Cinta DAT de 4mm. Y 4 GB.

Unidad CD-ROM de 650 Mb.

Un interfase IEEE 802.3 adicional para su conexión a red.

Un monitor de resolución 1280 x 1024 y 20 pulgadas.

Teclado y ratón.

Una impresora Epson LQ2170 matricial de 24 agujas con interfase serie para registro cronológico y emisión de partes locales.

- **CENTROS DE INFORMACIÓN REMOTA (CIR).**

Dentro del alcance del proyecto se incluyen estaciones de trabajo como centros de información remoto en las instalaciones de:

1. Querétaro.
2. Azcapotzalco.
3. Oficinas Centrales de PEMEX Refinación.
4. Catalina.

En cada uno de los lugares anteriores citados se dispondrá de:

Una estación de trabajo HP modelo 712/80 con el siguiente equipamiento:

Procesador PA-RISC.

Memoria RAM de 64 Mb.

Disco duro interno de 1 Gb.

Unidad CD-ROM de 650 Mb.

Un monitor de resolución 1280 x 1024 y 20 pulgadas.

Teclado y ratón.

Una impresora Epson LQ2170 matricial de 24 agujas con interfase serie.

### **3.3.2 DEFINICIÓN DE SEÑALES EN SCADA.**

Cada señal medida en la base de datos es la representación de un punto real en campo, donde el valor es adquirido. Opcionalmente, en el sistema se pueden tener señales definidas de forma artificial (valores manuales), que reflejan estados de campo que no poseen dispositivos de medición. Una tercera forma de señales son las calculadas en base a algún tipo de algoritmo o rutina de cálculo.

Las señales que procesa el SCADA, además de la visión anterior, son de tres tipos: Señales Digitales (Alarm, Status), Señales Analógicas (Analog) y Señales de Contadores (Rate). Las características de cada una de las señales se almacenan en tablas dentro de la base de tiempo real CMX. Cada registro existente en estas tablas contiene tanto las características descriptivas de una señal como el estado en que se encuentra respecto a la operación.

A nivel de base de datos CMX no existe diferencia entre señales reales provenientes de campo y señales ficticias resultantes de cualquier procedimiento de cálculos todas se almacenan en las mismas tablas de CMX y en cada registro se utilizarán los distintos campos existentes en función de que la señal sea calculada o real.

Las señales medidas se caracterizan por una localización física dentro de la señal y un significado asociado al estado en que se encuentran. Con el fin de codificar las señales, a cada una de ellas se le asigna un código identificativo que consta de hasta 15 caracteres alfanuméricos. Este código identificativo es únicamente una clave de acceso para localizar la información dentro de las distintas bases de datos.

Además del código identificativo, cada señal lleva asociada una descripción de 47 caracteres máximo. Esta descripción nos identifica a la señal más ampliamente en informes e imágenes de pantalla.

De forma independiente a la etiqueta identificativa del punto en base de datos, existen campos en las tablas de señales existentes en CMX, que permiten agrupar las distintas señales según diferentes criterios: tipos de instrumentos, zonas geográficas, estaciones, etc. Estos criterios de agrupamientos sirven para utilizar filtros en la presentación de datos que se realiza tanto a través del subsistema XOS, como el que se puede realizar a través de lenguaje SQL para tareas de mantenimiento.

Como criterio general en el tratamiento que realiza el SCADA sobre las señales, se realiza siempre una validación de los datos antes de que estos sean almacenados en las tablas correspondientes al punto, como indicativos de calidad del valor almacenado. Las validaciones se realizan tanto para valores adquiridos de campo en tiempo real, como para valores resultantes de cálculos o introducción manual por parte de los operadores.

### **3.4 EL SISTEMA DE COMUNICACIONES.**

#### **3.4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES.**

Aquí se define la funcionalidad soportada en la implementación del protocolo DF-1 de Allen-Bradley en el SCADA OASyS. De manera específica esta implementación permite recolectar datos, y el envío de ordenes digitales individuales y set points. Los dispositivos soportados bajo este protocolo son autómatas programables Allen Bradley serie PLC-5 y PLC-2; en este proyecto se utilizaron solamente PLC-5.

El protocolo DF-1 presenta dos variantes full-duplex y half duplex. El modo full-duplex precisa de una línea de comunicaciones punto a punto mientras que el half-duplex permite a múltiples dispositivos compartir una línea de comunicaciones. El sistema OASyS soporta ambos tipos de protocolos con las siguientes limitaciones:

1. Bajo el tipo de funcionamiento full-duplex. El ordenador principal de OASyS no responderá a mensajes insolicitados. Todos los mensajes insolicitados serán reconocidos pero no procesados.

2. Bajo el funcionamiento half-duplex. El ordenador principal de OASyS se comportara como el elemento maestro de la línea de comunicaciones. OASyS no reenviará mensajes de un dispositivo esclavo a otro.

**MUESTREO.** El protocolo DF-1 soporta hasta 254 PLC's esclavos sobre una línea de comunicación y OASyS soporta múltiples líneas. Aunque la estructura de las comunicaciones con los autónomas redundantes limitan el numero de UTR a 64 por ser la capacidad máxima de direccionamiento de la red DH+. Cada PLC de la red que se encuentra dentro de muestreo es interrogado durante un ciclo de interrogación OASyS por el contenido de uno o mas registros del PLC. La información obtenida se utiliza para actualizar la base de datos de tiempo real (CMX) y para general alarmas tal y como se ha definido en la configuración de OASyS. Los PLC's que no responden continúan siendo muestreados para intentar su reactivación.

El PLC-5 organiza sus datos en ficheros que son conjuntos de elementos individuales. Los ficheros se especifican por medio de un número de fichero y tipo de fichero. OASyS adquiere toda la información usando la orden "word range read" del set de instrucciones DF1 del PLC5.

Los datos así adquiridos se convierten para su uso en los siguientes tipos de señal de la base de datos de tiempo real CMX.: **analog, status y rate:**

1. **ANALOG:** Los tipos de datos que pueden ser introducidos en la base de datos analog son:

- Valores binarios de 16 bits (Con y Sin signo).
- Valores binarios de 32 bits (Con y Sin signo).
- Valores de punto flotante. (32 bits IEEE).
- Valores en formato BCD (4 dígitos sin signo y 3 dígitos con signo).

2. **STATUS:** Los tipos de datos que pueden ser introducidos en la base de datos status son:

- Status de un simple bit
- Status de dos bits.
- Status de tres bits.

3. **RATE:** Un record de rate puede tener una entrada de contador, una entrada de pulso o ambas de contador y otra de pulsos. Los tipos de datos soportados para una entrada de contador son los mismos anteriormente descritos para las señales analógicas. Como entradas de pulsos se soportan los valores binarios de 32 bits sin signo.

## IV.- MODELO PROPUESTO (INTEGRACIÓN).

### 4.1 Objetivos y Metas.

El Sistema de Adquisición de Datos en Tiempo Real e Información Geográfica tiene los siguientes objetivos generales:

- Desarrollar un sistema de monitoreo de las diferentes variables de las actividades de la Subdirección de Distribución y áreas relacionadas con ésta, permitiendo contar con una herramienta eficiente para la planeación, control y toma de decisiones para el cabal cumplimiento de la misión de la Subdirección de Distribución.
- Contar con la información cartográfica y su integración con la información de toda la infraestructura de transporte de los productos e insumos petroleros, permitiéndonos realizar inferencias sobre el negocio.

Los objetivos específicos a alcanzar dentro del *Sistema de Adquisición de Datos en Tiempo Real e Información Cartográfica* son:

- Apoyar las actividades de control de operación de y suministros de los productos de PEMEX.
- Integrar la red de poliductos de la Subdirección de distribución al Sistema de Información Integral de la Subdirección de Distribución.
- Integrar a la flota mayor de PEMEX al Sistema de Integral de Distribución (SIDIS).
- Ubicar las líneas de conducción terrestres y rutas marítimas (ductos y carreteras).
- Ubicación de terminales terrestres y marítimas.

Se tiene contemplado que el *Sistema de Adquisición de Datos en Tiempo Real e Información Geográfica*, esté compuesto por tres subsistemas:

1. El Subsistema propiamente de adquisición de datos por medio del SCADA.
2. El Subsistema de comunicaciones y
3. El Subsistema cartográfico.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Con base a los conceptos mencionados en este apartado, la idea que se tiene en el proyecto es la de integrar un sistema SCADA con un Sistema Geográfico, misma que permitirá obtener de los datos un síntesis informativa necesaria para la planeación y toma de decisiones. (Ver figura 18).

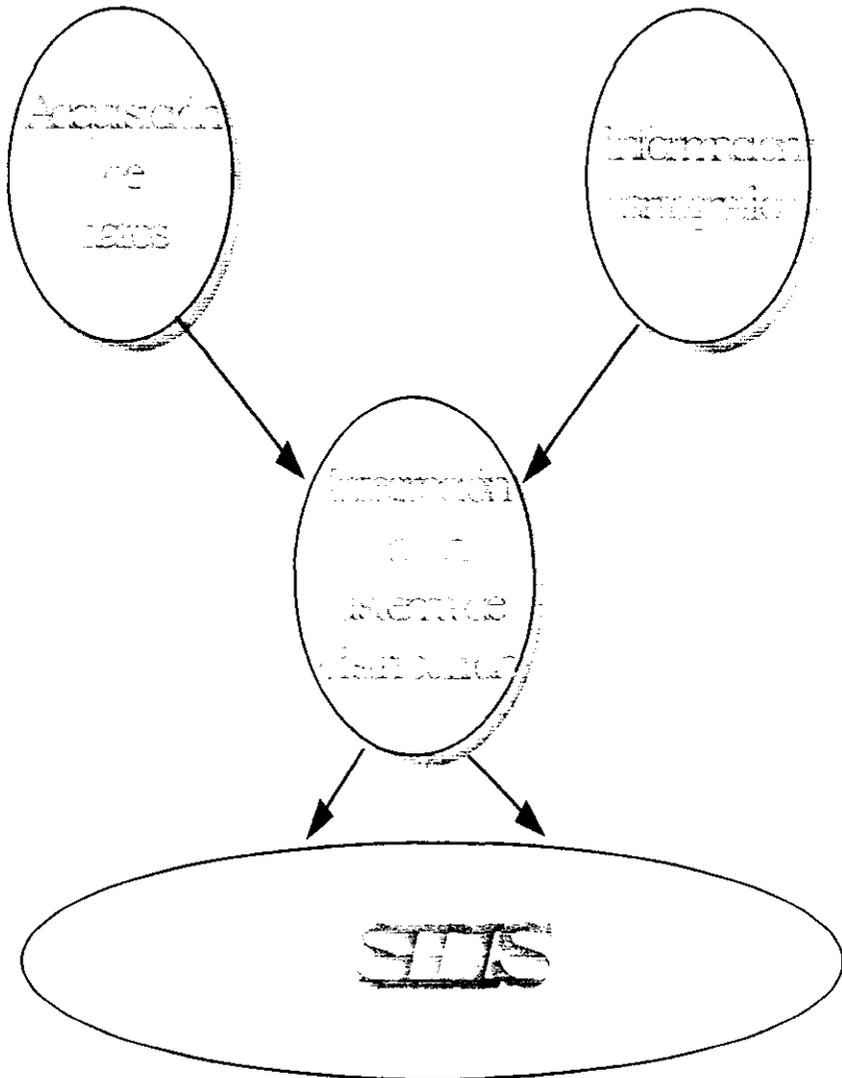


Figura 18 Subsistemas.

#### 4.2 Modelo Conceptual.

En el **Sistema de Adquisición de Datos en Tiempo Real e Información Cartográfica**, se tiene contemplado realizar la adquisición, procesamiento y almacenamiento de información estadística en tiempo real, apoyándose con dos bases de datos, una relacional y otra geográfica. La base de datos relacional tendrá como principal fuente de información los productos del sistema SCADA (Supervisory Control & Data Acquisition), y que a su vez, mediante su integración con la base de datos cartográfica, se podrá, entre otras cosas, realizar análisis espacial de los fenómenos que ocurran durante las actividades de distribución de los productos e insumos de PEMEX, permitiendo al ejecutivo tomar decisiones sobre las acciones a realizar en forma expedita.

El modelo que se propone consiste en la adquisición de datos por medio de la infraestructura de distribución por medio del SCADA, así como información que la flota mayor de PEMEX estará reportando.

Los datos son enviados a las oficinas centrales (actualmente, se usan micro-ondas para el transporte de los datos y se encuentra en estudio el proyecto de actualización del SCADA, el cual contendrá probablemente, una plataforma más moderna de comunicaciones) donde se integrarán con información cartográfica. (Ver figura 19).

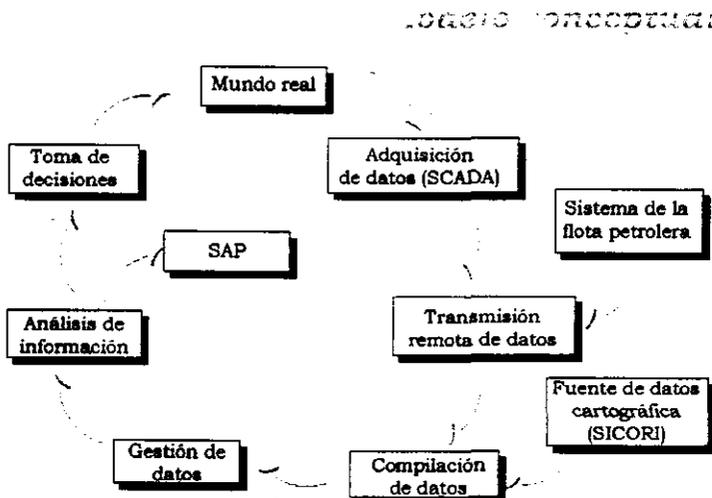


Figura 19.- Modelo Conceptual.

El área de Ingeniería de Sistema realizará la gestión del SADTRIC y dará apoyo a los usuarios entre los que se encuentran:

- La Unidad de Control de Suministro
- La Gerencia de Ductos.
- La Gerencia de Transportación Marítima.

En el siguiente diagrama se ubica al SADTRIC dentro del Sistema Integral de Información<sup>1</sup>, observándose las interacciones que tendrá con las diferentes áreas de la Subdirección:

### Modelo Conceptual del Negocio

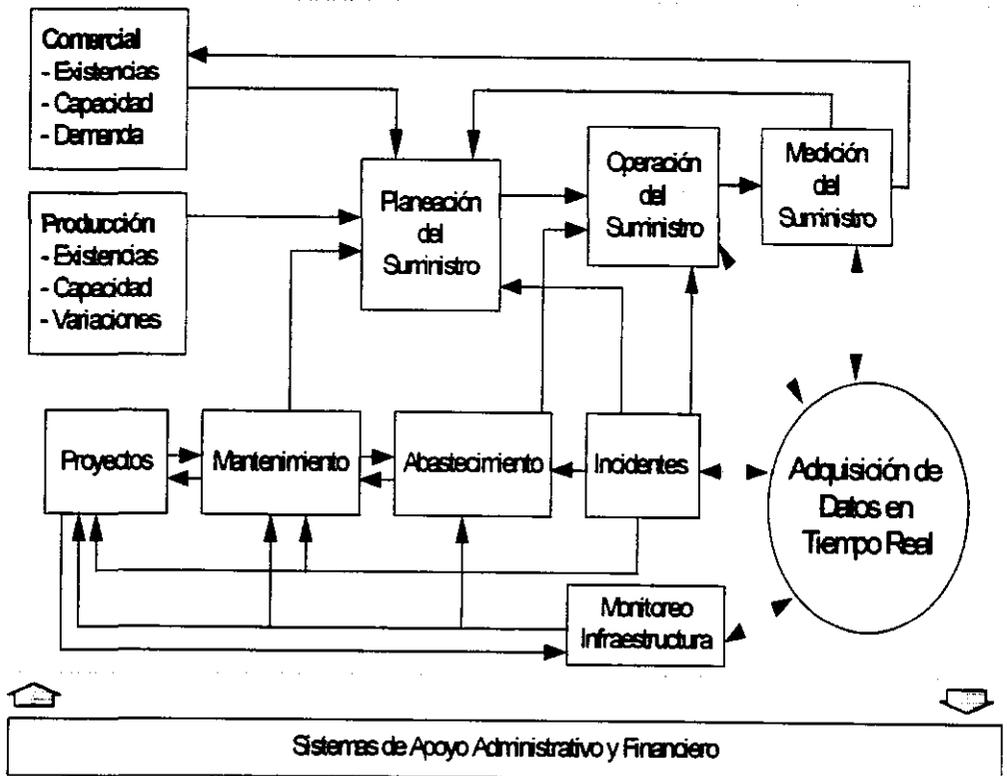


Figura 20.- Ubicación del SADTRIC.

<sup>1</sup> Ibid 4.

### 4.3 Subsistemas.

Se tiene contemplado que el *Sistema de Adquisición de Datos en Tiempo Real e Información Cartográfica*, esté compuesto por tres subsistemas: (Ver figura 21).

1. El subsistema propiamente de adquisición de datos por medio del SCADA.
2. El subsistema de comunicaciones y
3. El subsistema cartográfico.

Como una de las primeras actividades del subsistema de adquisición de datos, se incorporará personal de la Coordinación de Sistemas a los trabajos Para el subsistema de adquisición de datos se incorporará deberá ser desarrollando por:

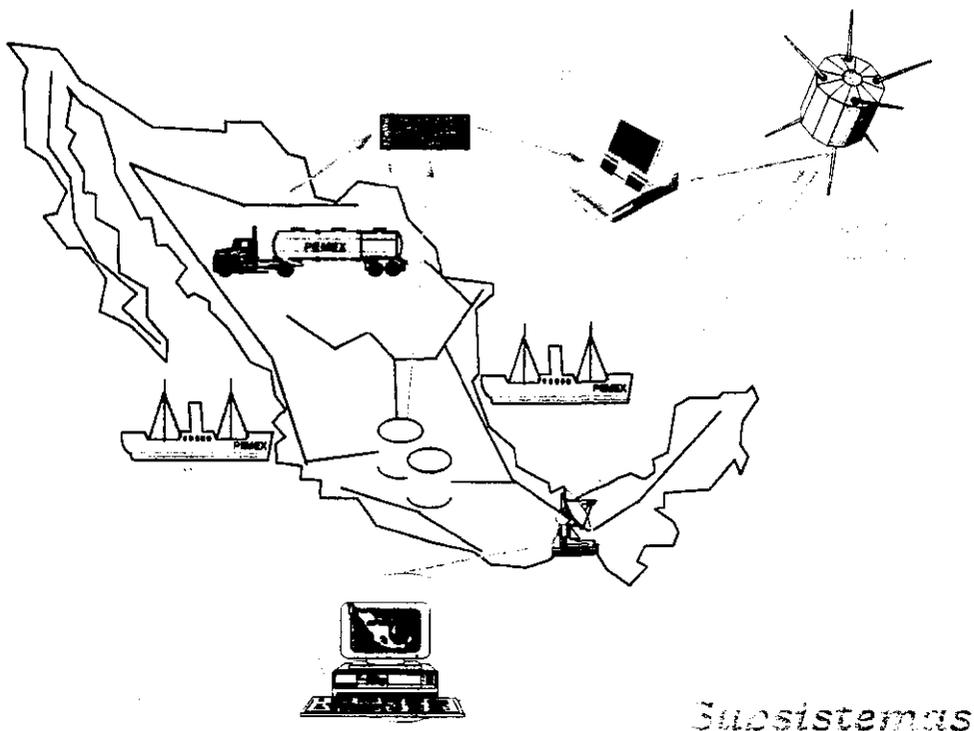


Figura 21.- Los subsistemas.

#### 4.4 Principales Componentes.

En la siguiente figura (22) se muestran los elementos básicos para la formación del sistema.

### *Principales componentes del sistema.*

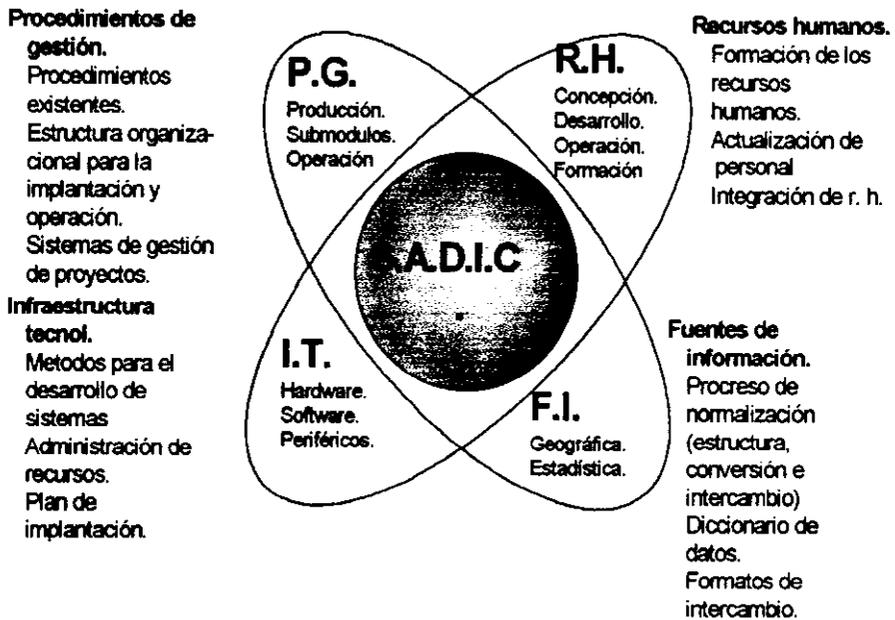


Figura 22 Componentes del Sistema.

## **4.5 Infraestructura para la Adquisición de Datos**

### **4.5.1 Hardware.**

- Conversión.
- Comunicaciones.

### **4.5.2 Software.**

- Conectividad.
- Conversión.
- Manejador de base de datos relacional (MBDR).
- Algoritmos especiales (detección de fugas, área de la fuga, etc.).

## **4.6 Infraestructura Informática.**

### **4.6.1 Hardware.**

- Conversión.
- Construcción.
- Modelos para el medio físico.
- Desarrollo de modelos matemáticos.
- Integración del sistema.
- Aplicaciones específicas.
- Comunicaciones y almacenamiento masivo.
- Producción de materiales cartográficos, reportes gráficos y tabulares.
- Bases de datos.
- Arquitectura de red.
- Equipo auxiliar.

### **4.6.2 Software.**

- Conectividad.
- Conversión.
- Sistema de información geográfica (SIG).
- Manejador de base de datos relacional (MBDR).
- Lenguajes de programación.
- Administrador de colas de impresión.

## 4.7 GENERACIÓN DE LA INTEGRACIÓN.

Figura 23.- SISTEMA GENERALIZADO SCADA

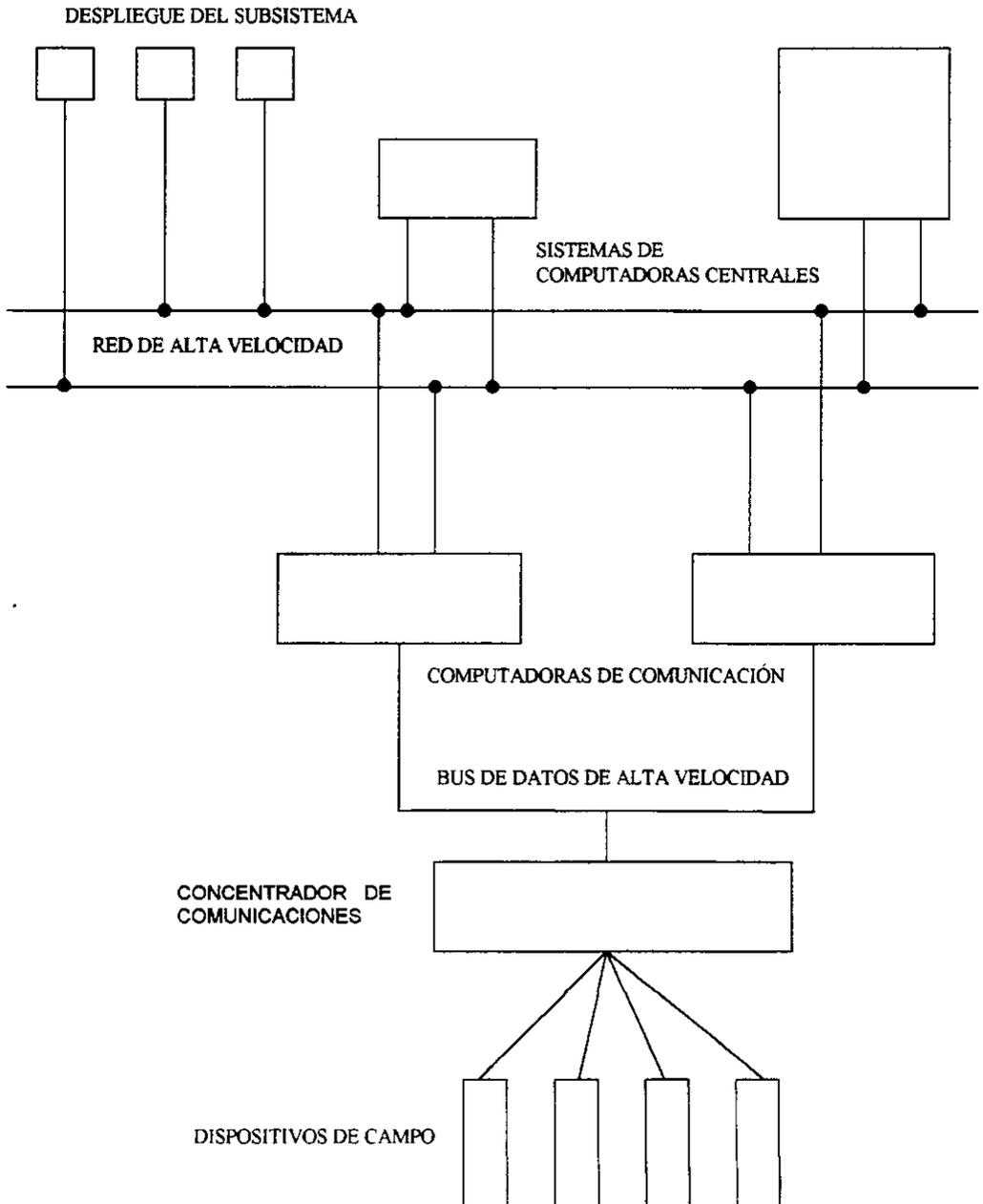


Figura 24.- INTEGRACIÓN SIG – SCADA

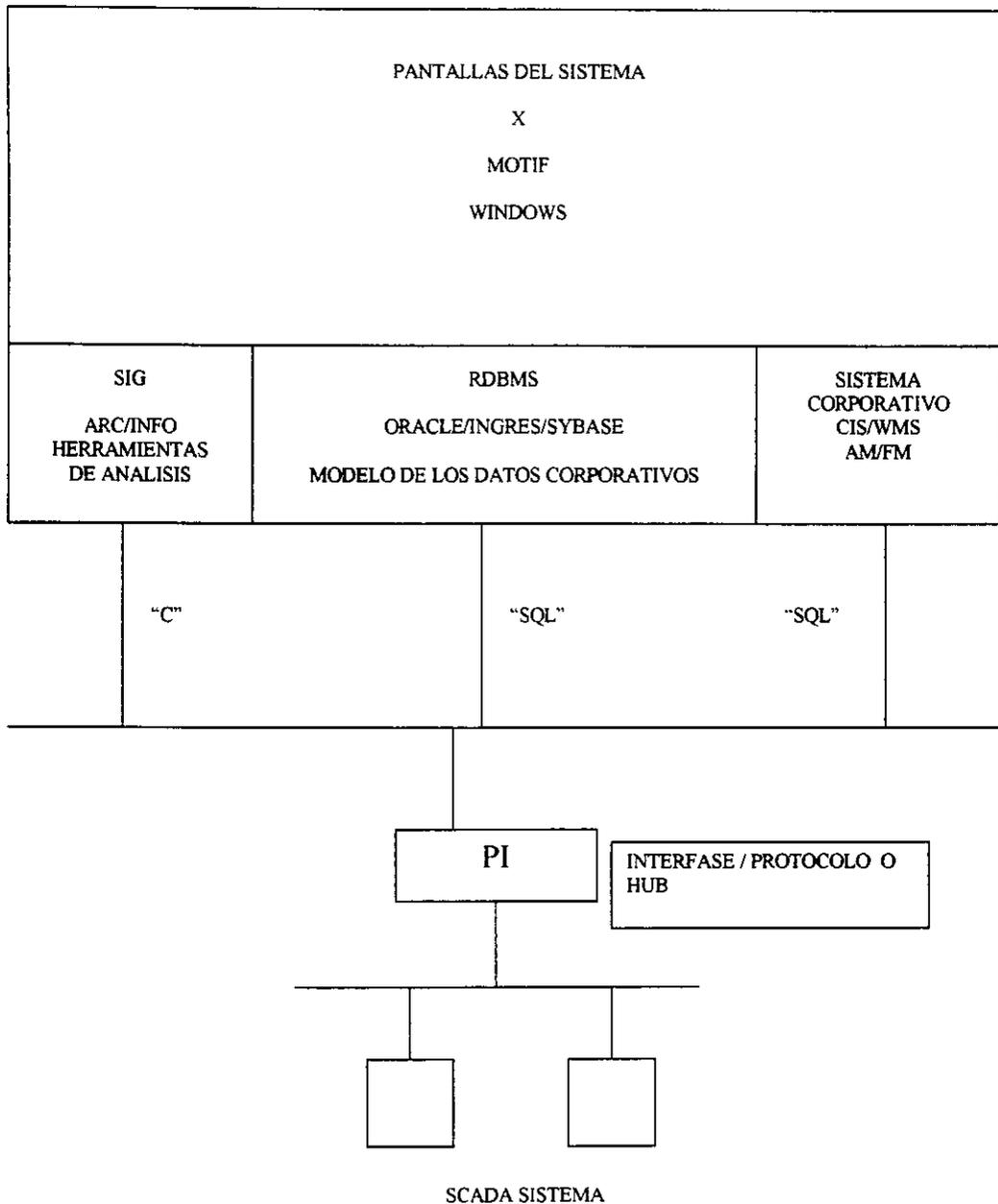
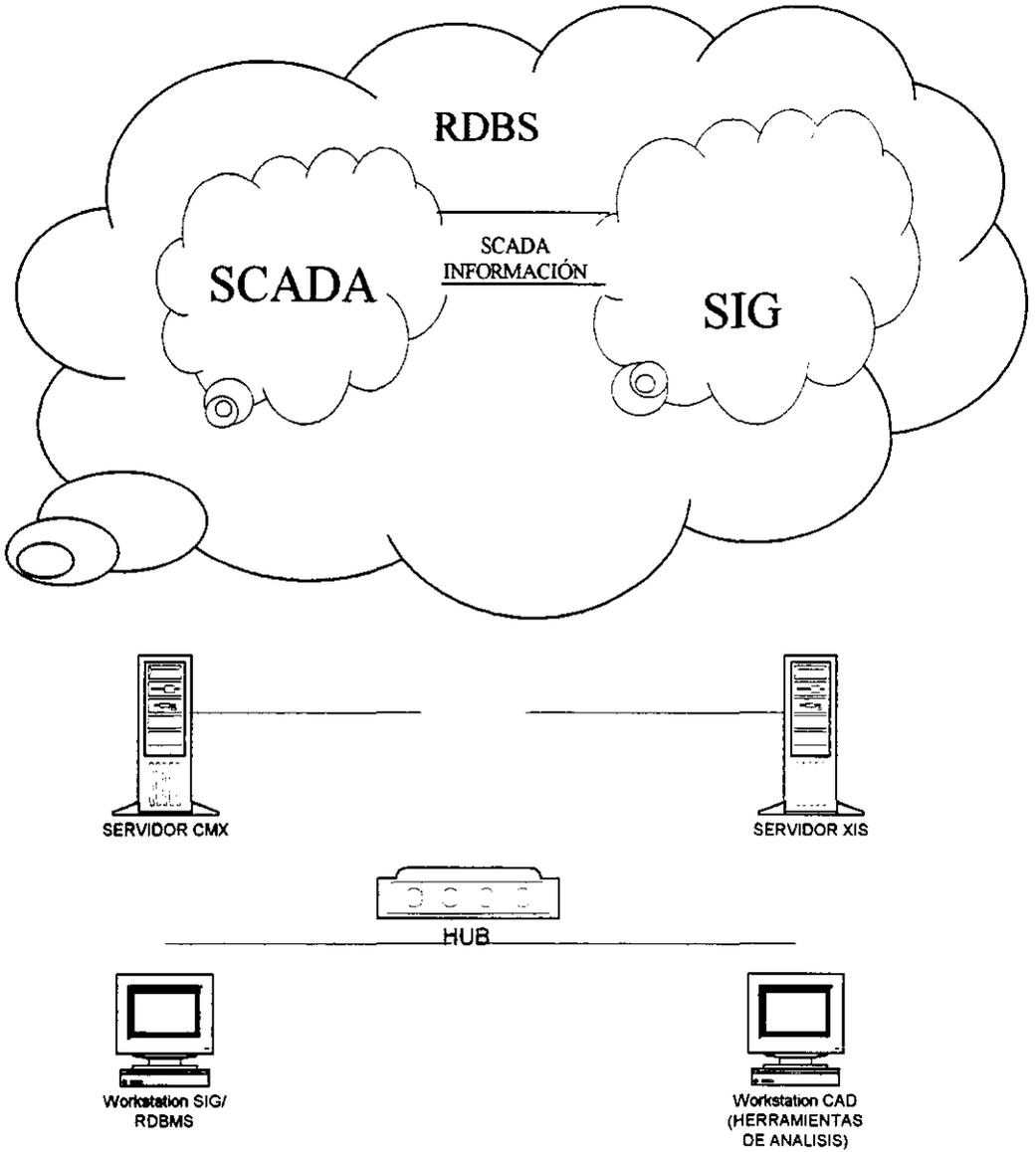


Figura 25.- INTEGRACIÓN TOTAL SIG – SCADA



## V.- JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

### 5.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.

Inversión en tecnología de Sistemas de Información Geográfica no ocurrirá a menos que los gerentes de organizaciones creen que los beneficios excederán el costo de la implementación. Este capítulo da consejo práctico en la preparación de análisis del beneficio - costo y discute la naturaleza subjetiva de tales análisis.

Aunque en muchos ejemplos el beneficio neto de un sistema de información geográfica es propiamente evidente al personal técnico y directivo, un caso del manejo del negocio persuasivo en apoyo de inversión en un SIG requiere demostración del objetivo tan satisfactorio como asunción intuitiva de beneficio.

El análisis costo - beneficio es a menudo un requisito para demostrar el beneficio neto a obtener del sistema y fijar a oficiales, ejecutivos mayores, reguladores y cuerpos de la escena en la utilidad mundial, accionistas, y otros.

La naturaleza y magnitud de los beneficios variarán entre organizaciones, como el costo. Varias organizaciones evalúan y pesan beneficios diferentemente cuando hacen la decisión crítica si diseñar, instalar y operar un SIG. Generalmente, la información que apoya tales decisiones es desequilibrada. Reconocimiento explícito de beneficios y costos, y cuantificar cuando posible, es un paso importante y principal a la decisión de llevar a cabo un SIG. Organizaciones a menudo tienen un conocimiento más completo de los costos que envuelven, pero se debe contar con una apreciación subjetiva de los beneficios potenciales. Reconocer esta disparidad, en este capítulo se presenta una apreciación global de técnicas estructuradas para el SIG en el análisis costo - beneficio.

### 5.2 BENEFICIOS.

Los beneficios potenciales de tecnologías de la información geográfica son tan diversos como las organizaciones que las usan. Por ejemplo a los inicios de 1968, la "Texas Electronic Service Company" documentó \$1 millón de dólares de ahorro en cuatro años basado en su sistema del manejo de carga de la reja en el transformador.

La ciudad de Long Beach, California usa un sistema de la cartografía automatizado para bosquejar mapas a dos veces la rapidez de la cartografía manual. Poner al día a estos mapas ahora se logra cuatro tiempos más rápidamente, que con la tradicional bosqueja técnica.

La Compañía "Denver Water Department" llevó a cabo ingeniería y aplicaciones de la planificación en un sistema AM/FM y redujo la labor y tiempo necesario en el calendario para crear dibujos cruzados de la sección de cañería del subsuelo. Antes de la automatización perdieron dos meses en producir 100 cruces de la sección en mapas. Con la automatización se logró un esfuerzo similar en menos de dos días.

"Ducks Unlimited", una corporación no lucrativa privada en Chicago, usa un satélite de Tierras y tecnología SIG para evaluar donde invertir millones de dólares privados rehabilitando hábitats del pato.

La Ciudad de Nueva York, uso su Departamento de Planificación SIG, ayudando al FBI a planear las logísticas del presidente Reagan para su asistencia celebración centenaria de la Estatua de Libertad.

Los ejemplos ilustran el rango potencial de beneficios ofrecidos por SIG en productividad y líneas de tiempo para la protección de la vida. No son los mismos géneros de beneficios, y siempre no es posible medir sus valores.

- **TIPOS DE BENEFICIO.**

Una relación anecdótica de beneficios experimentado por varias organizaciones no es adecuado caracterizar la mira del impacto de tecnología en ambientes operacionales. Beneficios que son definidos y categorizados casualmente no harán que un caso persuasivo para implementar a un SIG en una escena particular.

Una estructura más formal se requiere para examinar beneficios. Beneficios también pueden o no ser cuantificables. Pueden ser directos o indirectos, predecibles o esporádicos. El método de examinar beneficios potenciales debe acomodar estos rasgos.

En este capítulo se discuten cinco beneficios distintos; Tipos 1,2,3, y 5 que son beneficios cuantificables; el Tipo 4 beneficio no se cuantifica fácilmente. Para todos los tipos de beneficios pueden ser directos o indirectos.

Los beneficios directos son definidos como esos que aumentan a la organización o unidad patrocinadora del SIG. Mejoras de la productividad en bosquejar, eso reduce la carga de trabajo y costos de labor de la agencia son un ejemplo de beneficio Tipo 1.

Se definen como beneficios indirectos a ése aumento a organizaciones o individuos quienes no son los patrocinadores de un SIG. Por ejemplo un beneficio indirecto podría ser el mejoramiento al acceso a mapas más oportunos y exactos por el público en general.

Considerando otro ejemplo: "The Corporation of Burnaby". British Columbia. un gobierno municipal cercano a Vancouver, Canadá, empezó a llevar a cabo un SIG en 1977. Durante los estados tempranos (del SIG) el sistema se usó para evaluar propuestas de subdivisión de

tierra municipal. El plan inicial proponía 45 sitios de construcción a un costo de \$100.000 (dólares canadienses) por área de tierra. Usando el SIG, la subdivisión fue rediseñada incluyendo cincuenta lotes, usando los criterios del plan inicial.

Dos beneficios directos aumentaron a la corporación a causa del SIG. Primero la adición o de cinco lotes elevaron el ingreso de la venta de la tierra a las corporaciones por \$500.000 (dólares canadiense). Segundo, propiamente se aumentó las contribuciones de ingreso (TAX) por \$1000 (dólares canadienses) de lote por año. Los beneficios eran ambos directo e indirecto la corporación recibió ingreso adicional, y los residentes de Burnaby disfrutaron de los beneficios de una mayor recaudación de impuestos. Aunque se podía haber alcanzado el mismo plan sin el sistema, la disponibilidad del SIG proveyó un ímpetu a reexaminar el plan inicial.

"Wisconsin Gas Company" implemento un sistema AM/ FM y reduciendo el tiempo requirió para bosquejar como dibujos de ingeniería de la construcción. Menguando la labor y costo de actualizar dibujos son beneficios directos a la utilidad, como son de la más alta calidad y oportuna actualización de los dibujos, y la utilidad mejoró su manejo. Mejorar la utilidad de servicio a clientes es un beneficio indirecto del sistema. Cuantificando el beneficio indirecto de la modificación a la subdivisión equivalió a \$ 3,34 (dólares canadienses) exclusivamente del rédito a largo plazo del impuesto. Semejantemente, utilidades frecuentemente evalúan el valor de proyectos en cuanto a ahorro y costos a sus clientes.

### **5.2.1 Cuantificables eficiencias en prácticas presentes, o beneficios que reflejan mejoras para prácticas existentes.**

Automatización en captura de datos geográficos, manejo, archivado, y manipulación mejora en muchos prácticas existentes y hace algunas obsoletas. Los beneficios de automatización son generalmente los más fáciles de identificar y cuantificar.

Ahorro del costo alcanzado por la reducción o eliminación de mejoras de las actividades redundantes en bosquejar y mantenimiento de mapas, ingeniería más eficaz, bosquejar, y diseñar, y reducciones en el tiempo requerido para localizar y transportar información geográfica ilustra beneficios directos Tipo 1. Mucho del ahorro o beneficios son asociados con el refuerzo de la productividad.

Se puede medir la mejora de la productividad en unidades de "tiempo ahorrado" por automatizar unas partes de una tarea en particular. No se limitan esas mejoras de la productividad por la magnitud a que se automatiza una tarea. La mayoría de tareas requieren algún nivel de intervención manual.

El proceso de actualización de un mapa existente o dibujo de ingeniería, típicamente incluye estos pasos:

1. Colectar y confirmar información documentando el cambio.
2. Localizando el mapa original o dibujo de ingeniería.
3. Instalar el dibujo original o material nuevo en una superficie para bosquejar.
4. Manualmente rebosquejar parte o todo del mapa o dibujo de ingeniería que no tenga cambios.
5. Manualmente bosquejar todas las adiciones y modificaciones.
6. Corrección de todas las porciones rebosquejadas y agregadas al material.
7. Corregir errores.
8. Distribuir la actualización y reemplazar todos los documentos no actualizados.

Automatización de la función de bosquejar usando un sistema CAD (computer-aided drafting) es probable reducir el nivel de esfuerzo al del manual así:

- Digitalización de la hoja del mapa, fronteras, y se logra marcar más rápidamente porque se extraen los archivos o plantillas de existir (paso 3).
- Rebosquejar información inalterada es todo menos eliminar en un ambiente automatizado (paso 4). La existencia de archivos digital es usada para extender lo práctico. Aunque no se requiere rebosquejar en operaciones manuales de bosquejo para cambios esto afecta áreas pequeñas, se requiere rebosquejar cuando un dibujo debe ser de alta calidad o el número acumulativo de cambios empieza a deteriorar la superficie del dibujo.
- El proceso de bosquejo es acelerado por varios comandos este bosquejo y sumar dimensiones a líneas, definir arcos y otro formas geométricas, símbolos previamente diseñados, y poner anotaciones con la mecanografía, entre otros (pasos 5 y 7).
- Ciertos tipos de errores (no todos) se puede descubrir usando comandos del sistema, tal como verifica si corta físicamente las líneas (paso 6).

En un sistema diseñado para ejecutar más que bosquejar una función, varios beneficios adicionales aumentan de automatizar, incluso estos:

- La colección de información se aumenta para el dibujo puede ser argumentada por transferencia electrónica transfiere de cómo - construyó dibujos, áreas de tierra de la subdivisión, y otros archivos. Las reducciones acerca del tiempo pueden ser considerables si se puede automatizar este paso unos grados (paso 1)
- Un archivo digital representa el original para ser modificado, y esfuerzos para localizarlo son mínimos en un ambiente automatizado (paso 2).

- Distribución actualizar documentos se logra poniendo en él el sistema una codificación del acceso que deja al usuario examinar y hacer copias de la impresión como se requirieran (paso 8).

La productividad aumenta ofrecida por la automatización de bosquejar y poner al día actividades es substancialmente potencial. La ciudad de Edmonton, Alberta, Canadá, experimentó mejoras de la productividad en un radio de 3:1 para bosquejar funciones y en el rango de 5-20:1 para actualizar funciones usando SIG. Las experiencias de muchas otras organizaciones confirman esos perfeccionamientos de la productividad en magnitud como regla.

Eficacias en tareas como la recopilación de mapas son comunes. La reducción de mantenimiento de la colección de los datos es redundante, y su uso tiene beneficios importantes por varias razones, la más obvia la reducción inmediata de labor y costos directos como se elimina la repetición de cada actividad.

El mantenimiento y uso de archivos de dirección en organizaciones de los servicios públicos y privados es un ejemplo simple y común. Un componente clave geográfico por muchas funciones, direcciones, identifica la localidad de personas y equipo, habilita la facturación de artículos tal como agua y electricidad, e indica donde servicios de recolección de basura y servicios de emergencia son necesarios.

Municipio como una unidad de utilidad organizacional típicamente mantiene múltiples *archivos de múltiples direcciones, todas atendidas por diferentes departamentos operacionales*. Estos archivos a menudo están incompletos, incoherentes, y de forma variada y volumen. Además, cada organización usualmente se convence que el archivo en su dominio es el "mejor", considerando sus criterios y responsabilidades. Cada archivo requiere pero no muchos reciben el mismo nivel de apoyo para asegurarse que las nuevas direcciones y cambios son rápidamente metidas en la base de datos, esas direcciones asignadas son usadas actualizadas, y todos los otros archivos referidos en dirección son actualizados concurrentemente.

Considerando el ejemplo de la gran área metropolitana Midwest de que rodea a un condado, una ciudad más grande, más de una docena de jurisdicciones más pequeñas incorporadas, tres utilidades, y una organización responsable por el avalúo del impuesto. No menos que 65 archivos de dirección fueron identificados, sin incluir las que se mantuvieron incorporadas con las jurisdicciones más pequeñas. De esos archivos se automatizó 46 y 19 fueron manualmente. Sólo siete de los archivos automatizados tenían una verdadera relación niño - padre en la cual se mantuvieron las direcciones en paralelo con concurrentes

actualizaciones. Aunque los archivos generalmente estaban de calidad desigual y estaba disímil en su exactitud y líneas de tiempo, se requirió un esfuerzo considerable acumulativo. Si las jurisdicciones fueron para agrupar allí esfuerzos para construir y mantener archivo de dirección centralizados de que cada organización podría extraer información y actualizar, el ahorro resultante (beneficios) podría ser considerable, simplemente en términos de labor requerida.

Otros beneficios aumentan de la eliminación de actividades redundantes: Exactitud y eficacia mejoran. Esto es difícil, pero no imposible, asegurar actualización de archivos redundantes se hace rápidamente. Aun cuando se logran las actualizaciones, no se pondrán al día algunos de los múltiples archivos tan rápidamente, introduciendo un temporal pero quizás diferencias críticas. La confusión en comparar temporalmente archivos diferentes causa desinformación en malos juicios y tiempo perdido en identificar y rectifica diferencias.

Generación redundante y mantenimiento de mapas y dibujos de ingeniería son comunes en gobierno e industria privada. Generalmente, hay una razón para las actividades de mantenimientos múltiples. En unos casos los dibujos contienen más o menos volumen que la "base" dibujo. A veces las escalas o simbología es diferente. En otros ejemplos, factores institucionales encespedan guerras o falta de confianza en exactitud de los datos entre organizaciones influye en la decisión guardar redundancia. A veces la razón es simplemente repugnancia de desviarse de la tradición. Indiferentemente de la causa, se pueden reducir los costos de redundancia o eliminarlos con tecnología de sistemas de información geográfica.

El costo de la desconfianza es frecuentemente alto. Telefónicas en Estados Unidos mantuvieron en utilidad una serie de mapas a mano por varios años. Un atraso de 30 a 45 días en anunciar cambios a los esquemas que muestran el cableado y uso de ductos subterráneos se exigió por el gerente de bosquejo, pero el equipo de campo le expusieron que el bosquejo estaría como en seis meses. Aunque el gerente de bosquejo anuncia que en 45 días se podría lograr, generación y distribución del producto (planos) al equipo de campo le tomó más tiempo que lo anunciado.

Como resultado, cuando un trabajo ordena para conexiones subterráneas o expansiones fueron recibidas por el departamento de ingeniería de la planta, su supervisor despachó un equipo de campo para abrir la bóveda y revisar los circuitos actuales contra el más reciente esquema. Esto requirió que de dos personas gastaran de dos a cuatro horas, dependiendo de las condiciones de tiempo, esquema del circuito, y otros factores, lograr la revisión. Se anotaron las observaciones del sitio hecho a pulso en el esquema, que se le regresaron a la

oficina de ingeniería para su bosquejo manual. Se completó la ingeniería, con las notas corregidas del esquema, y se envió a construcción en campo. Construcción de campo entonces envió una tripulación (dos personas de dos a cuatro horas) al campo para confirmar que el esquema y dibujos de ingeniería eran correctos. Si se confirmó el plan, se despachó una tercera tripulación para procesar el programa de cambio. Como un problema de rutina importante, se desvió de cuatro a dieciséis horas a verificar archivos por miedo a que el esquema original no estaba exacto.

*¿Podría parar la automatización este costo? Quizás, si sólo porque reduciría atrasos e inspiraría confianza en la exactitud de esquemas y dibujos de ingeniería.*

Muchas organizaciones han demostrado esa automatización de "base" dibujos crean una oportunidad por la generación de múltiples productos especializados sin desarrollo redundante y mantenimiento de los elementos comunes de los dibujos. En estos casos beneficios pueden ser el punto central para medir la labor y costos directos requeridos para desarrollar y poner al día cada producto a mano, entonces abstraer la labor y costos directos requirieron desarrollar y mantener cada producto con una base de datos automatizado.

Otra utilidad de la telefónica, "Southwestern Bell", proyectó ahorro del costo de la no labor de un sistema de la cartografía automatizado para eliminar o reducir costos externos por bosquejar servicios, productos de mapas comerciales, proceso de impresión fotográfica, y envío masivo por correo. Esos gastos anteriores fueron suplantados por acceso electrónico a un archivo central de documentos claves de ingeniería y la base de mapas.

En resumen el beneficio Tipo 1 es cuantificable y se computa para comparar prácticas existentes con las eficiencias potenciales, perfeccionamientos de la productividad, y la no labor reduciendo costos directos esperaron resultar de la automatización. Se debe definir cada función específica de funcionamientos presentes y analizar la explicación del impacto que tendría la automatización. Además, se deben examinar e identificar funcionamientos automatizados qué se requerirán para las funciones adicionales que no es parte del presente capítulo.

### **5.2.2 Cuantificar capacidades extendidas, o beneficios que ofrecen sumar capacidades.**

En cada organización no se ejecutan algunas tareas rutinarias a causa del nivel extraordinario de esfuerzo requerido para lograrlos. Indiferentemente de ser interesante, útil, o beneficiosas de esas funciones, las labores de hacerlas rutinariamente no están

disponibles. Sistemas de la información geográfica a menudo rinden extensas capacidades de beneficio Tipo 2 que lo hacen factible lograr tales tareas.

Policía y organizaciones escolares pueden redefinir servicios fuertemente opuestos a causa de la dificultad en cálculos de balance de oficiales y equipamiento y aulas requeridas en cada distrito. Rutas del autobús escolar frecuentemente se planean después de muchas semanas de la actual (mala) experiencia durante el término fallido, en lugar de calcular en avance la localidad de los pupilos y las rutas más eficaces. Organizaciones de utilidad evalúan la carga eléctrica balanceada y asignación de ruta de cloacas sanitarias menos frecuentemente tan deseadas porque estas redes son complejas y sufren frecuente cambios. Tareas sin importancia igualmente requieren labor significativa en bosquejar y dibujar, tal como desarrollar ilustraciones o mapas para dominio público, que serían incompletas por falta de labor y tiempo.

Se dan algunas de estas funciones más o menos práctico envueltas en un ambiente automatizado. La introducción de tecnología de la información geográfica, quizás ató a la herramienta apropiada analítica, eliminaría la necesidad de la labor adicional para ejecutar estas funciones. El SIG o un sistema de cartografía se puede ver como un complemento para empleados.

Aunque también relacionado a productividad, beneficio Tipo 2 difiere de Tipo 1 en una manera simple. Beneficio Tipo 1 aumenta de forma creciente la productividad de empleados. Beneficio Tipo 2 es el equivalente de empleados adicionales.

Un sistema desarrollado por "Public Works Department of the Municipality of Anchorage", que recibió el URISA 1987 Premio "Sistema Ejemplar" que el Gobierno Otorga. La agencia automatizadora de sistemas de cartografía guardo y mantiene aproximadamente 100.000 archivos de la Tierra. Después de la implementación de cualquier modo, el sistema halló muchos otro usos. Tareas que anteriormente no se podían realizar debido a la falta de empleados y servicios de apoyo se lograron hacer rutinariamente con la ayuda del sistema nuevo. Rastrear permisos, planificación de rutas para el equipo de nieve, creando distritos para el barrido de la calle, y produciendo y manteniendo leños fuera del desagüe en tormentas por el equipo de mantenimiento es ejemplo de algunas de las capacidades expandidas.

"Carolina Power and Light" comenzó la planificación de su sistema de cartografía automatizado en los finales de los 70's y comenzó su piloto en 1979. El sistema de cartografía empezó su producción en 1983. Coincidentemente, basado en una evaluación del proyecto por ejecutivos mayores, el sistema de cartografía desarrolló el manejo de la

facilidad el mismo año. La base de datos terminó su realización en 1992. Beneficios mayores del sistema vendrán de muchas otras funciones además de bosquejar, incluyendo la distribución de reportes de problemas, manejo de la carga del transformador, calculo de deducciones del impuesto por reparaciones entre línea y línea y eficacias del equipo de servicio.

Estos Beneficios son cuantificables. Se miden generalmente en equivalencias de la labor y costos inlaboriosos que se incurrirían si la práctica fuera rutinaria y cumplida a mano.

### **5.2.3 Cuantificar eventos imprevisibles, o beneficios que resultan de eventos imprevisibles.**

No se pueden anticipar algunos de los beneficios de un SIG, aunque se pueden medir después del hecho. A pesar de la planificación rigurosa para la implementación del sistema anterior, aplicaciones con beneficios considerables son típicamente "descubiertas" después de que el sistema está en aplicación. Frecuentemente, estas oportunidades de la aplicación emergen como contestaciones a eventos que no se podían haber predicho.

Por ejemplo un sistema puede apresurar contestación a un desastre natural o asiste a una propuesta del desarrollo mayor por un aeropuerto nuevo o el complejo de una oficina. Se puede estimar con una precisión después del evento el nivel equivalente de esfuerzo manual.

Considerando otro ejemplo: La mayoría de utilidades que tienen medios subterráneos rastrean el número de salidas, o interrupciones del servicio accidentales debido a la entrada de agua o gas en la línea e interrumpir cables de teléfono. Típicamente censurar equivocados mapas o el fracaso de un operador del equipo usando la información disponible, quizás porque archivos son no confiables o difíciles de obtener.

La tecnología de los sistemas de información geográfica arrogantemente puede mejorar la disponibilidad y calidad de información, está en pie razonar esto, por combinar información de múltiples utilidades en un solo mapa, el número de rupturas del servicio y roturas deben declinar. El grado del proyectó y magnitud de la declinación comparó a experiencia presente establecer un beneficio que se produjo por el SIG. Uno puede medir el beneficio después de observar el funcionamiento por un período de tiempo. La dificultad queda en estimar estos beneficios de antemano.

"Wisconsin Public Service (WPS)", (Cía. de gas y electricidad), le halló esto a su sistema AM/FM que produjo los beneficios inesperados de mejorar la credibilidad de la utilidad con reguladores, que apresuraron un caso de la cadencia. WPS gerente de proyectos Jack

Bernard dijo en 1987 en una conferencia de la industria ese en el último caso de la cadencia de la utilidad, el costo de análisis del servicio presentado se preparó en el sistema en sólo veinte dos minutos y fue aceptado por la comisión sin argumento. "Esto da credibilidad. Un beneficio que nunca esperamos en un millón de años apresuraba un caso de la cadencia".

A veces eventos inesperados organizaciones prontamente reconocen los beneficios de tecnología de la información geográfica. Una línea de gas explotó en Indiana que mató dos granjeros precipitando un intento para identificar el potencial por accidentes similares. Cuando una investigación anual de la compañía de gas se estimó requerir cinco personas en el año para el trabajo para buscar en los archivos, el gerente hizo el compromiso desarrollar un sistema AM/ FM.

#### **5.2.4 Beneficios intangibles ó beneficios que producen ventajas intangibles.**

Unos beneficios de la tecnología desafían la cuantificación en términos tradicionales monetarios. Beneficios Tipo 4 son diversos, y varían en tipo e importancia. En tiempos intangibles beneficios son el factor crítico en justificación del sistema. Charles Litecky (1981), escribió en el "Journal of Systems Management", "tender a asumir posiciones extremas hacia intangibles, o los ignora o les asigna papeles predominantes".

Ciertamente, no se deben ignorar beneficios intangibles en el desarrollo de sistemas; existen en cambio, los beneficios que deben tener un límite superior desde el desarrollo del SIG no ocurrirá despidiendo todos los costos. La dificultad queda en darles dimensión a valores subjetivos. ¿Qué valores deben asignarles para mejores decisiones, qué valor que son basados en información eso es más tiempo, más exacto, más consistente con otro juegos de datos, y más prontamente disponible?.

Aunque todo los usuarios del SIG disfrutan de los beneficios de mejorar haciendo la mejor decisión, mejorar servicio a clientes y sus constituyentes es otro beneficio potencial importante a la mayoría de organizaciones. La habilidad para producir una respuesta o producto más rápidamente, más apropiadamente, lista en el momento que se necesite, y con volumen específico tiene significativo aunque un valor incuantificable.

Beneficios intangibles también pueden incluir la reducción de funciones tediosas, mejorar la moral de la fuerza de trabajo, y darse un valor de autoestima más alto en los empleados ya que tienen la oportunidad de trabajar con herramientas de "alta tecnología". Beneficios asociado con reducciones en rolar turnos de los empleados y absentismo excederían esos beneficios que se pueden cuantificar. En unos casos el compartir datos y herramientas

analíticas activarían relaciones del funcionamiento mejores dentro de y entre unidades de la organización.

### **5.2.5 Cuantificables ventas de información ó beneficios que resultan de la venta de servicios de información.**

Como un resultado de la automatización, oportunidades emergen por la venta de servicios de la información y datos digitales. Recursos de la información geográficos, una vez cautivos a formas analógicas y del limado de la desorganización del sistema, han llegado a ser prontamente accesible y transferible. Lo que era una vez un gasto operacional llega a ser un cuerpo rígido en acción del recurso de la organización usando el SIG.

Sólo reciente tiene el valor de datos geográficos digitales basados en su potencial de la reventa se reconoce por organizaciones públicas y privadas por igual. Espoleó inicialmente por esfuerzos desarrollar costo compartiendo arreglos en anticipación del desarrollo del SIG, muchas organizaciones descubrieron interés latente en ambos datos "básicos" y en su manipulación normal y productos del cliente.

En 1988 la ciudad de Virginia Beach, Virginia, completó la medición de áreas de planos, topografía y base de datos de parcelas. La ciudad entonces se resarció de 50 por ciento de su inversión por venta del mapa de la base digital, parcelas, detalle del llano métrico, y derechos de manera que tuvo un impulso económico Virginia. Además, el sistema de la ciudad genera un pequeño pero rédito firme por encima de las ventas del contador de hojas del mapa del impuesto, acción de medir las áreas de planos y mapas topográficos y por área de la venta de traza a consultores de ingeniería.

La reventa potencial de la base de datos autorizado, mantenimiento a la base de datos, y servicios principales a la producción del SIG productos han afilado a muchas organizaciones por sus apetitos. Todavía, hay muchos obstáculos. Discutido más tarde en este volumen, las emisiones legales pertinentes a la venta de productos y servicios, particularmente por organizaciones del gobierno, es una consideración crítica. Además, organizaciones intentan comercializarles a recursos de la información debe prepararles a una función como de empresarios a la del papel sin características.

## CONCLUSIONES.

La importancia de la integración de un Sistema SCADA y un Sistema de Información Geográfica radica en la obtención de estadísticas del producto manejado, contabilidad, administración, protección ambiental, rutas de emergencia y sobre todo la obtención de información en tiempo real para los gerentes para su toma de decisiones (desastres, actividades diarias, pérdida del producto por robo, etc.), a través de la cartografía se pueden seleccionar potenciales rutas de los ductos e instalaciones futuras, así como la topografía del terreno, reducciones de costo de construcción.

La eficacia de una integración va a estar basada en la exactitud de la base de datos tanto gráfica como no gráfica. En estos tiempos que la rapidez en la obtención de información precisa es tan importante la referencia geográfica del suceso así como los datos de la misma se pueden mezclar para obtener los fines deseados.

## VI.- Glosario.

### **ADMINISTRACIÓN DE LOS DATOS:**

La función de controlar la *adquisición análisis, almacenamiento, recuperación y distribución* de los datos.

### **ADMINISTRADOR DE LA BASE DE DATOS:**

1. Persona o grupo de personas responsable de la definición, protección y eficiencia de la base de datos de una empresa, al ser colocada en una computadora.
2. (SISTEMA) Un sistema que permite que múltiples usuarios independientes tengan acceso concurrente a la información.

### **AGEB:**

(Área Geo-Estadística Básica) División geográfica mínima empleada con fines estadísticos y censales por el INEGI.

### **ALGEBRA BOOLEANA:**

Las operaciones de *unión, intersección y complemento* sobre conjuntos.

### **AGUAS SERVIDAS:**

Residuos o desechos líquidos arrastrados por alcantarillas.

### **ALCANTARILLADO:**

Sistema de alcantarillas por el que se eliminan las aguas servidas y de superficie.

### **ALGEBRA DE MAPAS:**

Conjunto de operaciones definidas sobre conjuntos de datos espaciales para el análisis y síntesis de la información espacial.

### **ALGORITMO:**

Un conjunto de reglas bien definidas para la solución de un problema en un número finito de pasos.

### **ALTIMETRIA:**

La representación y medición de las elevaciones.

### **ALTITUD:**

Elevación, altura.

### **ALTURA GEOMETRICA:**

La altura medida respecto al elipsoide de referencia.

### **ALTURA ORTOMETRICA:**

La altura medida con respecto al nivel medio del mar (precisamente respecto al geoide) Es invariante ante transformaciones del datum.

### **AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management):**

Mapeo Automatizado / Administración de Servicios Municipales.

### **ANÁLISIS DE VECINDADES:**

1. Agrupamiento de áreas contiguas con un algoritmo sobre los atributos de las áreas.

2. Análisis realizado para establecer los vecinos de orden  $n$  de cada área.

**ANÁLISIS ESTRUCTURADO:**

Conjunto de herramientas que permiten descomponer modularmente una situación, dando como resultado una identificación clara de los elementos que la integran así como el medio ambiente que la rodea. El resultado del análisis será una especificación gráfica y documental.

**ARCHIVO DE DATOS:**

Una colección de registros de datos relacionados, organizados de una manera específica.

**ARCO:**

1. Curva definida por una ecuación analítica.
2. Sinónimo de cadena.

**AREA:**

1. Parte de una superficie.
2. Medida de su tamaño en unidades de distancia al cuadrado.

**AREA ABIERTA:**

El primer punto y el último de la poligonal envolvente no son el mismo o alguno de los nodos tiene valencia impar.

**AREA COMPLEJA:**

Polígono con una o más "islas".

**ARREGLO:**

Estructura de datos en la que a cada elemento se le asigna un índice único. Su representación matemática es una matriz.

**ASCII (American Standard Code for Information Interchange) :**

Código para intercambio de información.

**ATRIBUTO:**

1. Información descriptiva asociada a un rasgo geográfico.
2. Tipo de características y propiedades que las entidades pueden tener.

**AZIMUT o ACIMUT:**

Ángulo entre la dirección norte y la dirección al objeto (girando como las manecillas del reloj)

**BANDA:**

Rango de longitudes de onda o frecuencias.

**BASE DE DATOS DISTRIBUIDA:**

Base de datos con partes localizadas en diferentes nodos de una red

**BASE DE DATOS RELACIONAL:**

1. Conjunto de relaciones cuya estructura se especifica en el esquema relacional.
2. Base de datos donde la información se arregla en tablas y sus dependencias se mapean como relaciones entre dos o más tablas.

**BATCH (PROCESAMIENTO EN):**

Ejecución no interactiva de un programa, frecuentemente después de una espera en la cola de trabajos.

**BAUD:**

Usualmente el número de bits transmitidos por segundo.

**BENCHMARK:**

Prueba para la evaluación del desempeño de hardware o software. Prueba realizada para evaluar la funcionalidad de sistemas de cómputo, programas o dispositivos.

**BLOCK:**

Grupo de registros tratados como una unidad.

**BOOT (UP):**

Inicialización o arranque de una computadora.

**BOUNDARY:**

Frontera o límite.

**BPI (Bytes Per Inch, Bytes por pulgada):**

Unidad empleada para describir la densidad de información en cintas magnéticas.

**BROWSING:**

Función que permite hojear echar un vistazo a la información.

**BUFFER:**

1. Una área de almacenamiento temporal reservada para uso en las operaciones de entrada-salida, dentro de la cual los datos son leídos, o dentro de la cual los datos son escritos.
2. Memoria para almacenar temporalmente la información transferida de un dispositivo a otro.
3. ÁREA o polígono que rodea un punto, línea o área.

**BUG (Bicho, insecto):**

Error en un sistema o programa.

**BYTE:**

Grupo de dígitos binarios tratados como una unidad. En las computadoras actuales un byte tiene usualmente 8, 16 o 32 bits.

**CACHE:**

Dispositivo a área de memoria en RAM de alta velocidad.

**CAD/CAM ( Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing ):**

Diseño /Manufactura auxiliados por computadora.

**CADENA:**

Polígono abierto empleado para representar o generalizar curvas. Se forman con nodos o vértices y los segmentos empleados que los unen.

**CALIBRACION:**

Proceso de comparar las mediciones de un instrumento con los de un patrón o estándar.

**CANEVA:**

La red de meridianos y paralelos en un mapa.

**CAPA:**

1. Subconjunto de la información espacial que trata de un tópico o tema.
2. Función del sistema de cómputo gráfico que permite representar distintas clases de atributos pudiendo sobreponer o remover cada clase como si se dibujara en hojas transparentes.

**CARÁCTER:**

Cualquiera de las letras, dígitos, signos de puntuación y matemáticos y otros símbolos.

**CARÁCTER DE CONTROL:**

Caracteres no gráficos que se emplean en la computadora tales como escape, control o "carriage return" (avanza línea).

**CARACTERÍSTICAS CULTURALES:**

Rasgos que representan las obras hechas por el hombre.

**CARTA:**

1. Usualmente un mapa usado para navegación aérea o marina.
2. Mapa.

**CARTOGRAFÍA:**

Ciencia y arte de hacer mapas y cartas.

**CARTOGRAFÍA BASE:**

Colección de mapas y cartas empleadas como fuentes.

**CATASTRO:**

Registro público o levantamiento que define los límites de la propiedad.

**CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory):**

Disco (óptico) compacto, memoria para lectura únicamente.

**CENIT:**

Punto donde la vertical toca la esfera celeste, exactamente arriba.

**CENTROIDE:**

1. Centro geométrico de un polígono.
2. Punto en un polígono al cual se le asocia la información del polígono.

**CINTA MAGNÉTICA:**

Medio para el almacenamiento masivo de datos.

**CLASIFICACIÓN:**

Un método de generalización consistente en agrupar los rasgos geográficos en clases o categorías de acuerdo a ciertas características comunes reduciendo su número o variedad, simplificando por tanto el mapa.

**COBERTURA:**

La extensión de la superficie terrestre representada en un mapa o imagen.

**COBERTURA DE DATOS:**

La completitud de los datos disponibles con respecto al tema y área escogidos.

**COGO (Coordinate Geometry):**

Geometría por coordenadas

**COMPACTAR:**

Operación de organizar los datos para reducir el tamaño de un archivo.

**COMPILACIÓN:**

La traducción de un programa de un lenguaje de alto nivel (de programación) a instrucciones para la *máquina* (lenguaje máquina).

**CONTORNO (LÍNEA DE):**

Curva de nivel.

**COORDENADAS:**

Los "n" valores que determinan la posición de un punto en un espacio n dimensional. El valor de las componentes de un vector.

**COORDENADAS GEOCÉNTRICAS:**

Un sistema cartesiano derecho con origen en el centro del elipsoide seleccionado, en el que el plano XY coincide con el plano del ecuador, el eje X apunta al meridiano de Greenwich; el eje Z coincide con el eje de rotación del elipsoide. Se emplean frecuentemente en los GPS.

**COORDENADAS GEODÉSICAS (ELIPSOIDALES):**

Descripción de un punto en el espacio tridimensional por medio de la longitud y latitud geodésicas y la *altura geométrica*, todas referidas a un elipsoide de referencia.

**COORDENADAS GEOGRÁFICAS:**

Un sistema de coordenadas curvas definido sobre el elipsoide de referencia. Se expresan como Longitud (lon), Latitud (lat) y Altura (h) donde la lon y la lat son medidas angulares desde el meridiano origen y el ecuador respectivamente; h es la altura sobre el elipsoide de referencia.

**COORDENADAS POLARES:**

Sistema de coordenadas bidimensional en el que la posición se define por la distancia a un punto (polo) el ángulo a una línea de referencia.

**COPIA DE RESPALDO:**

Una copia de un archivo o de un conjunto de datos que se guarda para utilizarla en caso de que el archivo o conjunto de datos original sea destruido o degenerado.

**CORRECCIÓN GEOMÉTRICA:**

Corregir las deformaciones y distorsiones de una imagen digital.

**CPU (Central Processing Unit):**

La componente central de la computadora donde se realizan las funciones lógicas y aritméticas básicas.

**COSTO DE OPORTUNIDAD:**

Valor de los bienes y servicios a los que se renuncia, incluidos los bienes y servicios ambientales, cuando un recurso escaso se utiliza para un fin en lugar de otro que, de los fines subsiguientes, es el más apropiado.

**CROSS HAIR:**

Reticulo

**CROSS HATCH:**

Sombrear un área con líneas paralelas

**CROSS SECTION:**

Sección o perfil.

**CURSOR:**

Marca visible en pantalla que señala el lugar de la siguiente operación.

**CURVE FITTING:**

Ajuste de curva.

**DATUM:**

Elipsoide de referencia y su posición respecto a la Tierra. Usualmente se incluye el punto de origen, la orientación así como el radio y la excentricidad del elipsoide.

**DBMS (Data Base Management System):**

Sistema Manejador de Base de Datos.

**DEBUG:**

Proceso de remoción de errores en el software o en los datos.

**DESCOMPACTAR:**

Operación de regresar a su forma original un archivo compactado.

**DIAGRAMA DE CONFIABILIDAD:**

Mapa esquemático marginal donde se muestra por áreas la precisión de cada una de las fuentes empleadas para compilar el mapa.

**DICCIONARIO DE DATOS:**

Catálogo de información sobre los datos y las relaciones contenidos en una base de datos.

**DIGITALIZADORA (TABLETA., MESA.):**

Dispositivo que permite digitalizar manualmente. Consiste de una superficie plana y un retículo con teclas o botones.

**DIGITALIZAR:**

1. Convertir a formato digital la información analógica de un mapa, fotografía o dibujo ya sea automáticamente mediante un scanner o manualmente usando una digitalizadora.

**DISCO ÓPTICO:**

Disco sobre el cual se graba y lee la información por medio de luz coherente (láser) (ver CD-ROM).

**DTM (Digital Terrain Model):**

Modelo Digital de Terreno

**ECO SISTEMA:**

Sistema complejo que es resultado de la interacción de un conjunto de organismos y del medio en que vive.

**EDGE MATCH:**

Proceso para unir y dar continuidad a los rasgos lineales en dos mapas contiguos.

**EFECTO EXTERNO:**

Efecto secundario real (no monetario) y no intencional de las acciones de una parte en otra que no interviene en las decisiones adoptadas por la parte que es la causante de ese efecto.

**ELEVACIÓN:**

Distancia vertical medida desde una superficie de referencia (nivel medio del mar). Cota vertical.

**ELIPSOIDE:**

1. Modelo matemático de la Tierra empleado para los cálculos geodésicos.
2. Superficie generada al hacer girar una elipse sobre uno de sus ejes. Ya que la forma de la Tierra es distinta de un área geográfica a otra, para obtener el mejor ajuste, se usan distintos elipsoides para describir áreas particulares.

**EMULADOR:**

Programa que permite a un dispositivo realizar una función propia de otro.

**EN LÍNEA:**

Se dice (del estado) de un dispositivo cuando está bajo el control de la computadora.

**ENTIDAD:**

1. Rasgo geográfico.
2. Entidad federativa, estado de la República.
3. Un objeto y sus atributos en la base de datos.
4. Algo sobre lo que se necesita guardar información.
5. Teoría Entidad Relación: Propone que cada entidad o grupo de entidades estará relacionada con otra (incluyendo así misma), por una acción o verbo, y que cada entidad será descrita por una serie de atributos o dominios propios. El objetivo es crear una descripción de la semántica de los datos que reflejen a la empresa y sus requerimientos de información de la manera más apropiada.

**ERROR ALEATORIO:**

También llamado observacional, son los errores producto de las limitaciones del instrumento, del redondeo de cifras, etc. Son los errores inevitables.

**ERROR SISTEMÁTICO:**

Errores causados por las operaciones imperfectas, las conversiones de unidades, los errores de paralaje al medir con una regla, etc. Son en buena medida errores inevitables.

**ESQUEMA GLOBAL:**

Método de análisis de los recursos hídricos en el que el agua se considera un recurso único de múltiples usos y relaciones recíprocas con el ecosistema y el régimen socioeconómico.

**ESCALA:**

Razón entre la distancia medida en un mapa, fotografía o imagen y la distancia correspondiente en el terreno.

**ESCALA NOMINAL:**

Es la escala en las áreas del mapa donde no hay distorsión. Es la escala anotada en la leyenda.

**ESCALA REAL EN UN PUNTO:**

La escala del mapa en el punto A en dirección a B, es la razón entre la distancia AB en el mapa y la distancia AB en el elipsoide adoptado cuando B se acerca a A. La escala real del mapa puede calcularse como el producto del factor por la escala nominal del mapa.

**ESCALA DE GRISES:**

Ordenamiento de los tonos de gris entre el blanco y el negro.

**ESCALA GRÁFICA:**

Línea graduada en un mapa o plano empleada para relacionar las distancias en este con las distancias en el terreno.

**ESCALAR:**

1. Aumentar o reducir las dimensiones de un objeto sin modificar sus proporciones.
2. Magnitud no vectorial.

**ESPAGUETI:**

1. Error que se produce al emplear un radio grande en la función "snap".
2. Método para cerrar polígonos así nombrado por su efecto devastador cuando el radio especificado es grande. Bien empleado limpia el archivo.

**ESTEREOSCOPIO:**

Aparato que produce el efecto de profundidad (tres dimensiones) al observar con el dos fotografías del mismo objeto (estéreo par) tomadas desde puntos ligeramente separados.

**ESTRUCTURA:**

Un término genérico el cual se refiere a la agregación de unidades de datos, sus formatos, y sus relaciones. Un modelo o arreglo entre los elementos de un conjunto tal que algunos elementos son unidos, explícita o implícitamente, a otros.

**ESTRUCTURA DE DATOS (DATA STRUCTURE):**

La organización de los datos en la computadora.

**ETHERNET:**

Red de computadoras en la que se emplea cable coaxial, par de hilos o fibra óptica.

**ETIQUETA:**

1. Nombre o descripción textual del objeto geográfico representado en el mapa.
2. Identificador del objeto.

**EXPORTAR:**

Proceso de transferir información de un sistema o plataforma a otro.

**FACTOR DE ESCALA:**

La razón entre la escala a lo largo de un meridiano (paralelo) en un punto dado y la escala en un punto estándar o a lo largo de una línea estándar con escala real. El factor de escala es "h" para los meridianos y "k" para los paralelos. Reflejan la distorsión en el punto dado. El factor de escala "s" es la distorsión en el área alrededor del punto dado. Las ecuaciones de los factores de escala son parte de la definición de la proyección.

**FEATURE:**

Rasgo.

**FIDUCIAL (MARCA):**

Marca en los límites de las fotografías aéreas hechas en el momento de la exposición por la cámara que sirven para encontrar el punto central de la fotografía.

**FIRMA ESPECTRAL:**

Registro de la distribución espectral y de las intensidades correspondientes de la energía reflejada o emitida por un objeto o clase de objetos por medio de las cuales se puede hacer una identificación.

**FONT:**

Fuente (tipográfica)

**FORMATO DE TRANSFERENCIA:**

Formato empleado para exportar o importar datos.

**FOTOGRAFÍA AÉREA:**

Usualmente fotografía de formato grande tomada desde un avión con cámaras especiales que registran en las márgenes las marcas fiduciales, fecha y hora, y otras características que permiten la identificación de la foto y las circunstancias en las que se tomó.

**FOTOGRAMETRÍA:**

Arte y ciencia de hacer mediciones del terreno confiables usando fotografías.

**FRACTAL:**

Objetos geométricos complejos cuyas partes son parecidas al todo.

**FREQUENCY DIAGRAM:**

Histograma.

**FUENTE:**

Conjunto de caracteres de impresión con un cierto (tamaño y ) estilo característico.

**FUZZY:**

Borroso, difuso. Que no está perfectamente definido o limitado.

**GENERALIZACIÓN:**

1. Proceso de simplificar el contenido temático o geométrico de un mapa.
2. Inferir a partir de una solución particular.

**GEOCODIFICAR:**

Asignar una ubicación geográfica a los objetos.

**GEOIDE:**

La superficie equipotencial gravitacional de la Tierra que mejor se ajusta al nivel medio del mar.

**GEODÉSICA:**

Distancia más corta entre dos puntos sobre la superficie del elipsoide. En una esfera, una geodésica coincide con un círculo máximo.

**GEOPROCESAMIENTO:**

Manipulación y análisis de la información con referencia geográfica.

**GEORREFERENCIA:**

Las coordenadas de un punto que permiten su ubicación sobre la tierra.

**GIS (Geographic Information System):**

Sistema de Información Geográfica (SIG).

**GPS (Global Positioning System):**

Un sistema que, mediante la utilización de una constelación de satélites, permite determinar la posición de cualquier punto sobre la tierra con gran precisión.

**GRADICULA:**

Canevá.

**GRADIENTE:**

El cambio de pendiente máximo.

**GRATICULE:**

Canevá.

**GRID:**

Red Ortogonal, retícula.

**HALFTONE:**

Medios tonos.

**HARD COPY:**

Copia en papel.

**HARDWARE:**

Componentes físicos y equipos periféricos de una computadora. ("los fierros"). Es toda componente física involucrada en el funcionamiento de equipo informático.

**HEURISTICO:**

Basado en la experiencia.

**HEXADECIMAL:**

Numeración con base 16.

**HIPSOMETRÍA:**

Altimetría.

**HOLE (Agujero, Hoyo):**

Sinónimo de isla.

**HUE:**

Tonalidad del color.

**I/O (Input / Output):**

Entrada / Salida.

**IMAGEN DIGITAL:**

Un registro codificado digitalmente de la intensidad de la reflectancia o la radiación de un objeto o área. Cada elemento de la imagen digital tiene un valor de intensidad único para cada una de las bandas del espectro electromagnético empleadas.

**IMPORTACIÓN:**

Proceso de cargar a un sistema, información proveniente de otro.

**INFORMACIÓN:**

Es un conjunto de datos que al relacionarse adquieren sentido o un valor de contexto o de cambio.

**INGENIERÍA DE INFORMACIÓN:**

Es un conjunto de técnicas formales con las cuales son construidos modelos organizacionales, modelos de datos y modelos de procesos en una base comprensiva de conocimientos y son usados para crear y mantener sistemas de procesamiento de datos.

**INK JET PRINTER:**

Impresora de chorro de tinta.

**INPUT:**

Entrada

1. Proceso de incorporar información.
2. Los datos que van a incorporarse al sistema.

**INSET MAP:**

Pequeño mapa de referencia dibujado en el área marginal en un mapa.

**INTEGRIDAD DE LOS DATOS:**

Concepto de que todas las unidades de datos deben ser protegidas contra invalidación accidental o deliberada.

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL (AI):**

Ciencia que trata de la formalización de los procesos cognoscitivos.

**INTERACTIVO:**

Modo o procesamiento en el que establece un diálogo entre el usuario y el sistema. Una aplicación para la cual cada llamada obliga a una respuesta del sistema o programa.

**INTERFASE:**

Una frontera compartida. Puede ser una componente de hardware o porción de almacenamiento accesada por dos o más programas de cómputo.

**INTERFASE CON EL USUARIO:**

El modo empleado para la interacción entre la máquina y el usuario. Los menús de comandos y el lenguaje de comandos son los más usuales.

**INTERPOLACIÓN:**

Estimar el valor de una función dentro del dominio de la muestra.

**INTERSECCIÓN:**

Conjunto que contiene los elementos comunes a los conjuntos. Punto donde se cruzan dos líneas.

**ISLA:**

Polígono dentro de otro. agujero (island, hole).

**KEY (Llave):**

En bases de datos, el campo usado para tener acceso a la información.

**KEYWORD:**

Palabra reservada.

**LABEL:**

Eliqueta.

**LANDSAT:**

Satélite artificial (EEUU) que recoge, registra y transmite imágenes digitales de la Tierra. Tiene un sistema de escaneo multispectral (MSS) de cuatro bandas (0.5-0.6, 0.6-0.7, 0.7-0.8 y 0.8-1.1 micras) con una resolución nominal de 80 m. Cuenta con el mapeador temático (thematic mapper) con una resolución de 30 m y siete canales: 1: 0.45-0.52, 2: 0.52-0.60, 3: 0.63-0.69, 4: 0.76-0.90, 5: 1.55-1.75, 6: 10.4-12.5, 7: 2.08-2.46 (micras).

**LATITUD:**

Posición norte-sur medida como el ángulo entre (la normal a) el punto y el plano del ecuador.

**LEVEL:**

Nivel, capa.

**LEYENDA:**

Explicación de los símbolos, códigos y otros datos en las márgenes derecha o inferior de un mapa, incluyendo fecha, datum, fuente, precisión y escala.

**LINAGE (Linaje):**

Información sobre la fuente de los datos, su origen.

**LINE WEIGHT:**

Ancho de línea.

**LÍNEA:**

Objeto geométrico representado por una sucesión de puntos.

**LINK (Eslabón):**

Es una cadena. Segmento entre dos nodos sucesivos.

**LONGITUD:**

Posición este-oeste. Se define como el ángulo entre el plano del meridiano local y el plano del meridiano de referencia.

**LOXODROMA:**

Rumbo, línea que corta todos los meridianos al mismo ángulo.

**MACRO:**

Una instrucción que reemplaza a un conjunto de instrucciones del mismo lenguaje.

**MANEJADOR DE BASE DE DATOS:**

Interfase con el usuario en el software de la base de datos.

**MAPA:**

Una representación de los rasgos y características naturales o artificiales de una superficie.

**MAPA ANALÓGICO:**

Mapa en papel u otro material similar.

**MAPA BASE:**

Mapa de referencia sobre el que se ubica la nueva información geográfica.

**MAPA BATIMÉTRICO:**

Mapa en el que se represente la profundidad de los cuerpos de agua.

**MAPA CATASTRAL:**

Mapa que muestra los límites o subdivisiones de la tierra con fines legales o hacendarios.

**MAPA DE COROPLETAS:**

Mapa que refleja el valor de la característica mapeada con símbolos de área; Usualmente representa el fenómeno como clases o categorías asociadas al color del área.

**MAPA DE ISOPLETAS:**

Representa por medio de líneas, cantidades que no pueden asociarse a un punto tal como densidad de población.

**MAPA DERIVADO:**

Mapa creado a través de la depuración o la combinación o el análisis de la información de otros mapas.

**MAPA DIGITAL:**

Mapa en memoria.

**MAPA ÍNDICE:**

Mapa de referencia que representa el entorno del área mapeada e identifica los mapas componentes o los mapas adyacentes.

**MAPA TEMÁTICO:**

Mapa que ilustra las características de clase de una variable espacial en particular.

**MAPA VIRTUAL:**

Mapa en pantalla.

**MASS STORAGE:**

Almacenamiento masivo de información o datos.

**MEDIOS TONOS:**

Técnica para representar una imagen continua por medio de líneas o puntos discretos.

**MENÚ:**

Interfase en la que la computadora despliega en pantalla las opciones para que el usuario seleccione alguna usando el ratón o tecleando un carácter.

**MERIDIANO:**

Círculo máximo perpendicular al plano del ecuador.

**MPIS (Million Instructions Per Second):**

Medida de rapidez de una computadora; es el número de operaciones que puede ejecutar en un segundo.

**MODELAJE DE DATOS:**

Pretende obtener una visión coherente de la información que mantiene la empresa. de una manera independiente a las transformaciones que sufra por su empleo en las diversas actividades de la empresa. Esta visión deberá identificar los diferentes tipos de entidades, atributos y sus relaciones. de manera tal que la información se encuentre normalizada.

**MODELO:**

1. Representación de un conjunto de objetos y sus relaciones.
2. Descripción de la realidad, en particular si nos permite hacer pronósticos o predicciones.
3. Emulación, representación en miniatura.

**MODEM (MODulator-DEModulator):**

Aparato que nos permite enviar y recibir señales digitales sobre una línea de transmisión analógica (teléfono).

**MODO PUNTUAL:**

Digitalización en la que el operador incorpora explícitamente cada uno de los puntos.

**MONITOR:**

La pantalla (CRT, tubo de rayos catódicos) de la computadora.

**MONOCROMÁTICO:**

Monitor en blanco y negro (verde o ámbar).

**MONUMENTO:**

Marca en el terreno con ubicación precisa, frecuentemente una mojonera.

**MORFOMETRÍA:**

Caracterización cuantitativa de las formas del terreno.

**MOS (Marine Observation Satellite):**

Satélites de observación marina del Japón (1987 y 1990)

**MOUSE:**

Ratón, dispositivo manual conectado a la computadora que mueve un cursor sobre la pantalla.

**MTBF (Mean Time Between Failure):**

Tiempo promedio entre fallas.

**MULTIESPECTRAL:**

Que tiene o emplea dos o más bandas espectrales.

**MULTIPROGRAMACIÓN:**

Un modo de operación en el cual la ejecución de dos o más programas de cómputo es realizada por un sólo procesador, de manera intercalada.

**NAD (North American Datum):**

Datum Norteamericano (Es el que se usa en México).

**NADIR:**

1. Punto en el terreno donde lo toca la vertical desde la cámara.
2. Punto en la bóveda celeste donde apunta la vertical bajo nuestros pies. (Opuesto al cenit).

**NEIGHBOURHOOD ANALYSIS:**

Análisis de vecindad.

**NETWORK ANALYSIS:**

Análisis de redes.

**NIBBLE:**

Grupo de bits menor que un byte (2,4 bits con bytes de 8).

**NIVEL:**

Capa.

**NODE:**

Nodo.

**NORMALIZACIÓN:**

Proceso de reducción sobre una estructura de datos que procura aumentar la integridad, disminuir la redundancia y las dependencias funcionales de esa estructura.

**OBJETO:**

1. En base de datos, fenómeno caracterizado por un conjunto de atributos;
2. En cartografía, la representación digital de una entidad o rasgo.

**OBJETO SIMPLE:**

Objeto que no puede subdividirse en objetos más sencillos.

**OFF LINE:**

Fuera de línea.

**ON LINE:**

En línea.

**ONDULACIÓN DEL GEOIDE:**

La distancia entre el nivel medio del mar y el elipsoide de referencia.

**OPP:**

Programación Orientada a Objetos.

**OOPL:**

Lenguaje de Programación orientada a objetos.

**OPTICAL DISK:**

Disco óptico, láser.

**ORTOFOTOGRAFÍA:**

Fotografía área o mosaico en la que se han quitado las distorsiones producidas por la inclinación y el relieve del terreno.

**OVERLAP:**

Área común a dos mapas adyacentes.

**OVERLAY:**

Sobreposición, empalme, sobreposición de dos o más mapas.

**PAISAJE:**

El conjunto formado por el área geográfica y el punto de vista del observador o usuario dentro del cual se ubica el fenómeno observado y el mapa producto.

**PAN:**

La capacidad del sistema de desplegar distancias partes de la imagen sin cambiar la escala.

**PARALELO:**

Línea de intersección de la superficie de la Tierra con un plano paralelo al ecuador.

**PARALELO ESTÁNDAR:**

Un paralelo proyectado sin distorsión de escala. Paralelo (s) donde la Tierra corta la superficie de proyección.

**PARTICIÓN:**

La fragmentación de la información o de la memoria en parte manejables. Una de estas partes.

**PASSWORD:**

Una cadena de caracteres que un programa, operador de computadora o usuario debe proporcionar para satisfacer requisitos de seguridad con objeto de tener acceso a la información.

**PATTERN:**

1. Patrón o forma.
2. Diseño gráfico que se emplea para rellenar áreas.

**PATTERN RECOGNITION:**

Reconocimiento de patrones, formas.

**PAUSE:**

Pausa.

**PEAK:**

Cima de una elevación. Pico.

**PENDIENTE:**

1. Razón de cambio de una variable.
2. Inclinação del terreno.

**PERCEPCIÓN REMOTA:**

Adquisición de información sobre las propiedades de un objeto empleando instrumentos que no están en contacto directo con el objeto estudiado; usualmente cuando el instrumento está a bordo de un avión o un satélite.

**PIT:**

Cañada, hondonada, la parte baja del valle; donde se acumula o corre el agua.

**PIXEL (Picture Element):**

El elemento más pequeño, indivisible, de un gráfico.

**PLANIMETRÍA:**

La representación de la posición horizontal.

**PLOTTER:**

Graficadora.

**POLIGONAL:**

Representación de rasgos lineales por una cadena de segmentos rectos.

**POZO ENTUBADO:**

Pozo circular consistente en un tubo colocado en una perforación en el suelo para extraer agua de uno o más acuíferos.

**PRECISIÓN:**

1. Medida de la habilidad para distinguir entre dos valores casi iguales.
2. Número de cifras significativas con las que se expresa una cantidad.

**PROCESAMIENTO DE DATOS:**

Las operaciones realizadas en los datos por la computadora.

**PROFILE:**

Perfil, corte transversal.

**PROGRAMA DE APLICACIÓN:**

Un programa escrito por o para un usuario que se utiliza para resolver un problema específico.

**PROYECCIÓN:**

Transformación matemática que nos permite representar una superficie no plana en un plano.

**PUCK:**

Ratón de la mesa digitalizadora, retículo.

**PUNTO:**

Objeto de área nula representado por sus coordenadas.

**PUNTO DATO:**

Punto incorporado al sistema por el usuario con el ratón, digitalizándolo o tecleando sus coordenadas.

**PUNTO DE CONTROL:**

Un punto cuya localización es conocida. Punto de ubicación en el terreno conocida que puede identificarse en la imagen o mapa y por tanto emplearse para hacer las transformaciones para la georeferenciación de la imagen o mapa.

**PUNTOS CARDINALES:**

Las cuatro direcciones principales: Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (O o W).

**Q-TREE o QUADTREE:**

Estructura de datos jerárquica, en forma de árbol.

**QUERY (Inquirir):**

Conjunto de condiciones o preguntas usadas para extraer información de la base de datos.

**QUEUE:**

Fila, lista de espera, cola.

**RASTER (Malla, cuadrícula):**

Imagen formada por los colores o tonos de gris de una cuadrícula, en particular los píxeles del monitor.

**RAVINE:**

Cañada estrecha.

**RECONOCIMIENTO DE PATRONES:**

Proceso de clasificación de objetos en clases discretas.

**RECORD:**

Registro. Elemento de una tabla en una base de datos.

**RECTIFICACIÓN:**

Conjunto de técnicas empleadas para eliminar deformaciones o errores en aerofotografías, imágenes de satélite o mapas.

**RECUPERACIÓN DE LOS COSTOS:**

Estructura de tarifas que cubre el costo de los servicios.

**RECURSIVO:**

Proceso, función o rutina que se ejecuta repetidas veces hasta que se satisface una condición específica.

**RED:**

En comunicaciones es el ensamble del equipo a través de conexiones hechas entre los equipos terminales. Malla.

**REFLECTANCIA:**

Razón entre la radiación recibida y la reflejada por un objeto.

**REFRESH (Refrescar):**

Función que nos permite redibujar la pantalla gráfica después de hacer modificaciones.

**REGIÓN:**

Área continua con alguna característica uniforme. Polígono.

**REGISTRAR:**

Proceso que nos permite alinear o sobreponer dos o más conjuntos de datos cartográficos o imágenes digitales.

**RELACIONES:**

Conexión o asociación existente entre las entidades.

**RELIEF:**

Relieve. elevaciones. curvas de nivel.

**REMOTE SENSING:**

Percepción remota.

**RESOLUCIÓN:**

Distancia mínima entre dos objetos que puede ser distinguida por un sensor.

**RETÍCULO:**

En el ocular de un instrumento el arreglo de dos hilos cruzados en el centro del campo visual. Ratón de la mesa digitalizadora.

**RHUMB LINE:**

Rumbo.

**RIDGE:**

Sierra, cadena montañosa.

**RUBBER SHEET (Cubierta de hule):**

Rectificación.

**RUMBO:**

Loxodroma.

**SCANNER:**

Aparato que produce una imagen digital a partir de una imagen analógica.

**SCRATCH:**

En borrador, en sucio. Área en memoria usada temporalmente.

**SEGMENTO:**

Elemento de línea entre dos nodos cualesquiera.

**SEMIOLÓGIA GRÁFICA:**

Arte y ciencia de los símbolos visuales, de hacer mapas legibles y bellos.

**SERVER:**

Servidor, estación en una red que provee servicios a los usuarios o terminales tales como proporcionar archivos o utilerías o hacer impresiones.

**SÍMBOLO:**

Representación gráfica de una entidad geográfica. Hay tres clases de símbolos, líneas y áreas.

**SIMPLIFICACIÓN:**

Generalización, reducir el número de rasgos o datos en un mapa.

**SIMULACIÓN:**

Modelar el comportamiento dinámico de un sistema.

**SISTEMA:**

Es un conjunto de elemento o subsistemas interrelacionados entre si con un objetivo común.

**SISTEMA CARTESIANO:**

Usualmente, un sistema coordenado donde la posición de un punto se mide a lo largo de dos (tres) ejes X y Y (y Z) ortogonales.

**SISTEMA COORDENADO:**

Un sistema de referencia que permite la localización univoca de un punto en un espacio.

**SISTEMA DEDICADO:**

Sistema de cómputo dedicado a una tarea exclusivamente

**SISTEMA EXPERTO:**

Sistema de cómputo que refleja el conocimiento de varios expertos de manera estadística para la solución de problemas muy específicos de difícil solución.

**SISTEMA OPERATIVO:**

Software que controla la ejecución de programas de cómputo y que proporciona el control de entrada-salida, la administración de los datos, la asignación de áreas de almacenamiento y los servicios relacionados a la utilización de la computadora.

**SKEW:**

Distorsión, deformación. Error producido en la imagen por el movimiento de la Tierra y del satélite.

**SLIVER:**

Astilla, cuña; error creado al sobreponer dos mapas que no registran exactamente.

**SLOPE:**

Pendiente.

**SNAP:**

Función que permite unir en uno solo, dos nodos que se encuentran dentro de un radio predefinido: (ver espagueti).

**SORT:**

Operación de ordenar un conjunto de objetos de acuerdo a una llave que determina la precedencia entre ellos.

**SPHEROID:**

Esferoide.

**SPOT (Satellite Probatorio pour l'Observation de la Terre):**

Satélite de percepción remota Francés.

**SQL (Standard Query Language):**

Lenguaje para acceder a una base de datos relacional.

**STRING (Cuerda):**

Conjunto de caracteres tratados como una unidad.

**TABLA:**

1. Objeto constituido por registros en una base de datos relacional.
2. Relación

**TABLA DE COLORES:**

Tabla que muestra los colores y el código empleado por el dispositivo para los mismos.

**TAG:**

Etiqueta.

**TESSELLATION:**

División del espacio en poligonos, mosaico.

**TICS:**

Puntos de control. Puntos de ubicación conocida usados para definir la transformación de un sistema de referencia o proyección a otro.

**TIERRAS HÚMEDAS:**

Zonas de pantanos, manglares y turberas que, por obra de la naturaleza o del hombre contienen en forma permanente o temporal, agua fluyente o en remanso que puede ser agua dulce, agua salobre o agua de mar.

**TILE (MOSAICO):**

Polígono simple.

**TIN (Triangular Irregular Network):**

Estructura espacial de datos generada por la partición del espacio en triángulos ajenos.

**TONOS:**

Grado de intensidad de los colores.

**TOPOGRAFÍA:**

Arte y ciencia de representar las formas del terreno y los principales detalles naturales o artificiales del mismo.

**TOPOLOGÍA "Analysis Situs":**

Una abstracción de ciertas ideas geométricas tales como continuidad y cercanía.

**TORSIÓN:**

Se dice cuando los ejes coordenados no son perfectamente ortogonales.

**TRANSACCIÓN:**

Construcción, ABC y queries a una base de datos.

**TRANSECT:**

Perfil, corte transversal.

**TRANSFORMACIÓN:**

Cambio de sistema de coordenadas.

**TRANSFORMACIÓN AFÍN:**

Un escalamiento seguido de una rotación, una traslación y una corrección de la torsión.

**TRANSFORMACIÓN DE DATUM:**

Procedimiento computacional para convertir las coordenadas de un punto del sistema definido con un datum al sistema definido con otro.

**TRANSFORMACIÓN GEOMÉTRICA:**

Georreferir una imagen digital.

**TRANSFORMACIÓN LINEAL:**

Escalamiento, rotación, reflexión, traslación etc.

**TRANSPARENCIA:**

Cualidad de software que le permite operar en distintas plataformas de hardware.

**TREE:**

Árbol, gráfica que tiene un vértice sin predecesor todos los demás vértices tienen uno y solo un predecesor.

**UNIÓN:**

Operación de teoría de conjuntos. La unión es el conjunto que contiene todos los elementos de los conjuntos sobre los que se aplica.

**USER INTERFASE:**

Interfase con el usuario.

**USER REQUIREMENT ANALYSIS:**

Análisis de Requerimientos de los usuarios.

**UTM Universal Transversa de Mercator (Proyección):**

La retícula UTM se extiende desde los 84 grados norte a los 80 grados sur. Se inicia en el meridiano 180, dividiéndose hacia el este en 60 zonas de 6 grados. Se emplea en mapas topográficos y en imágenes de satélite.

**VALENCIA:**

Para un círculo que envuelva únicamente un nodo, la valencia del nodo es el número de segmentos que cortan el círculo.

**VALENCY:**

Valencia.

**VECTOR:**

1. Cantidad con magnitud y dirección.
2. Dos o más valores coordenados (x, y, z).
3. Formato (x, y, z) en oposición al formato raster.

**VECTORIZACIÓN:**

Conversión de datos raster o analógicos a formato vector.

**VENTANA:**

1. Porción rectangular de un mapa o pantalla seleccionada para despliegue o control en una sesión interactiva.
2. Banda del espectro electromagnético para la que un medio es muy transparente.

**VÉRTICES:**

Nodos, en particular los puntos intermedios en una poligonal.

**VISIÓN SEUDOSCÓPICA:**

Inversión del efecto estereoscópico donde se ven los valles como montañas y viceversa.

**WORM (Write Once, Read Many):**

Escribese una vez, léase muchas Disco óptico de almacenamiento permanente de datos.

**ZENITH:**

Cenit

**ZOOM:**

Función que permite el despliegue de áreas progresivamente más grandes (o pequeñas) de una imagen.

## VII.- BIBLIOGRAFÍA.

- Star & Estes. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS. Prentice Hall. New Jersey, USA, 1980
- Antenucci. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 1991
- John Campbell. MAP USE AND ANALYSIS. Wm. C. Brown Publishers. USA, 1993
- Stan Aronoff. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A MANAGEMENT PERSPECTIVE. WDL Publications, Canada, 1981
- Makkonen & Sainio. COMPUTER AIDED CARTOGRAPHIC COMMUNICATION
- Marble & Peuquet. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: AN OVERVIEW, 1990
- Peucker & Chrisman. CARTOGRAPHIC DATA STRUCTURE. Semiannual Journal of the American Congress on Surveying and Mapping, 1987
- Scholten & Stillwell, GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: THE EMERGING REQUIREMENTS
- ESRI, Inc. UNDERSTANDING GIS. The ARC/INFO Method Rev 6.0.
- ESRI, Inc. MAP PROJECTIONS. Georeferencing spatial data
- ESRI, Inc. ARC/INFO DATA MANAGEMENT. Concepts, data models, database design and storage
- Meijerink, de Brouwer, Mannaerts & Valenzuela. INTRODUCTION TO THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR PRACTICAL HIDROLOGY. UNESCO. International Hidrological Programme International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC)
- PIPELINE & GAS. Mayo 1996, p.p. 45-55,68,69.
- PIPELINE & GAS. Abril 1996, p.p. 53,54,56,86.
- PIPELINE & GAS. Agosto 1996, p.p. 45-47.
- POWER ENGINEERING INT., septiembre/octubre 199, p.p. 18-23,28,29.
- OIL GAS JOURNAL, septiembre 1996, p.p. 45-53.
- DEEP WATER TECHNOLOGY, agosto 1997, p.p. 91-94,96,98.
- M. Doyle Sanders, P.E., PIPELINE GIS WORKSHOP: "AN OVERVIEW OF GIS TECNOGY AND ITS USES IN PIPELINE OPERATIONS".
- Ph. D. Candidate Claude Caron, Ph. D. Professor Yvan Bedard, Research Professional Denis Vallere, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS THEORY, noviembre 1995.