

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R.887 (Sem. 54/11)
22 de marzo de 1990

ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

Seminario regional sobre "Inventarios y cuentas del patrimonio natural y cultural. Avances y perspectivas en América Latina y el Caribe", organizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), a través de la Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente.

Santiago, Chile, 26 al 28 de marzo de 1990

SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

Conceptos, estructuras y aplicaciones en la captación, proceso y análisis de datos sobre ambiente y recursos naturales

Este documento fue preparado por el señor José Luis Borcosque, profesor de la Universidad de Santiago, Chile, como contribución al seminario. Las opiniones expresadas en este trabajo, el cual no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

90-3-404

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
1. Génesis de los SIG	2
1.1 El hombre y su relación con el espacio . .	2
1.2 Ciencia, tecnología y territorio	2
2. Cartografía y SIG	4
2.1 Conceptos cartográficos generales	4
2.2 Conceptos cartográficos SIG	5
3. Naturaleza de la información en un SIG	5
3.1 Información del medio natural	8
3.2 Información del medio construido	9
3.3 Información derivada	10
II. CONCEPTOS GENERICOS SOBRE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	11
1. Generalidades	11
1.1 Definición	11
1.2 Areas de aplicación de un SIG	11
1.3 Beneficios que aporta un SIG	12
1.4 Desventajas de la adopción de un SIG . . .	13
1.5 Tipos comunes de SIG actualmente en uso. .	14
III. ESTRUCTURA OPERACIONAL DE UN SIG	17
1. Componentes elementales de un SIG	17
1.1 Hardware	17
1.1.1 Equipos de ingreso de información. .	17
1.1.2 Equipos de proceso y almacenamiento.	18
1.1.3 Equipos de visualización	19
1.2 Software	22
1.2.1 Programas no gráficos	22
1.2.2 Programas gráficos	23
2. Características de la información espacial en un SIG	23
2.1 Puntos (dimensión nula)	25
2.2 Líneas (una dimensión)	25
2.3 Areas (dos dimensiones)	26
2.4 Sistemas de coordenadas	26
2.4.1 Datos de percepción remota en el SIG	33
IV. DISEÑO ESQUEMATICO DE UN SIG	35
1. Componentes lógicos de un SIG	35
2. Componentes físicos de un SIG	35
3. Componentes funcionales de un SIG	35
4. Componentes del flujo de información en un SIG	40
V. APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA SIG AL ANALISIS TERRITORIAL.	43
VI. CONCLUSIONES	50
VII. BIBLIOGRAFIA	51

SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG):

CONCEPTOS, ESTRUCTURAS Y APLICACIONES EN LA CAPTACION, PROCESO Y ANALISIS DE DATOS SOBRE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.

I.- INTRODUCCION.

Los SIG, SGI o SIT, son herramientas que en general permiten capturar, almacenar organizadamente, procesar y entregar visualizaciones de información, tratada en forma sectorial o integrada y que tienden a satisfacer necesidades específicas de usuarios también específicos.

En la actualidad se encuentran bastante consolidados en áreas definidas del procesamiento de información territorial, sustentándose en equipos computacionales que en conjunto, condicionan las potencialidades de estos sistemas y sus capacidades de manejo tanto volumétrico de información como en los aspectos de precisión y exactitud de la misma y de los resultados que de sus análisis se obtengan.

En una visión temporal retrospectiva, se podría afirmar que los SIG antiguos estaban constituidos por las distintas formas cartográficas que surgían de la observación y/o cálculo manual de fenómenos espaciales, que eran susceptibles de ser localizados territorialmente sobre puntos o áreas específicas. En cuanto a los atributos que estos eventos espaciales podían ostentar, eran descritos en forma literal o en tabulaciones de largas listas de datos y diagramas que conformaban una completa descripción y/o evaluación del espacio.

Como es de suponer estas descripciones así realizadas, sin dejar de tener validez, eran estáticas en el tiempo y restringidas en el espacio. De la misma manera la enorme dificultad de asociar temáticas diferentes, siendo generalmente unidimensional desde el punto de vista del tratamiento de la información.

Estos conceptos nos conducen a tratar de reconocer la génesis y el desarrollo de los actuales SIG, para poder entender la importancia, aplicabilidad y por supuesto el auge que tienen en nuestros días.

1.- GENESIS DE LOS SIG

1.1.- EL HOMBRE Y SU RELACION CON EL ESPACIO.

Desde que el hombre hace su aparición en el planeta, lo hace con un cúmulo de necesidades básicas que satisfacer, para lo cual sólo cuenta con los elementos que le ofrece su entorno físico-natural.

La utilización de este medio físico por parte del hombre, en primera instancia se realiza en forma instintiva y luego, en la medida que éste evoluciona intelectualmente estas actitudes se transforman en acciones inducidas y deducidas de pseudo-planificaciones de proyectos y cuyos resultados son orientados a la satisfacción puntual de necesidades hasta ese entonces insatisfechas.

De esta manera, la simbiosis hombre-territorio, genera una nueva dimensión de análisis cuya complejidad es creciente iniciándose así la humanización o artificialización del territorio, como respuesta a la interacción antes señalada.

La unión dicotómica hombre-territorio, se realiza a través de vínculos (acción - reacción entre hombre-territorio y territorio-hombre), cuyas manifestaciones obligan al hombre a sufrir procesos de adaptaciones a este nuevo entorno construido. Por su parte el territorio, se ve afectado por un dinámico proceso de cambios que le afectan, lo modifican, lo dañan y/o lo destruyen.

Es evidente que la celeridad de estos procesos de transformaciones, es una función directa del desarrollo científico, tecnológico y cultural que va adquiriendo el hombre. A esto último se agrega también el desmesurado crecimiento y concentración del número de individuos, los que replantean exponencialmente nuevas presiones sobre los espacios con el propósito de lograr la sustentación de la vida, bajo los conceptos evolucionados que de ella se tiene en el presente.

1.2.- CIENCIA, TECNOLOGIA Y TERRITORIO.

El desarrollo intelectual que ha experimentado el hombre, le permitió avanzar en el campo científico y tecnológico, con un amplio sentido de multidisciplinariedad y con criterios convergentes, en cuanto a los multiojetivos de sus creaciones, especialmente en el área de la tecnología aplicada. Es así como por la necesidad de conocer, entender y manejar el territorio, el hombre, entre otras muchas ciencias, desarrolla la ciencia geográfica, con sus teorías, objetivos y criterios para entender el comportamiento del espacio que le circunda y del cual requiere para protegerse como individuo y crecer como especie. De mucho más reciente desarrollo es la ciencia de la información y por ende la de la informática, cuya finalidad está inscrita dentro del

concepto y necesidad de manejar, procesar y almacenar información en forma óptima. De su desarrollo se desprenden teorías de manejo, flujo y transferencia de información, las que capturadas con criterios cada vez más amplios, van dando origen a elementos en que pueden converger múltiples y variadas teorías y técnicas en la prosecución de nuevos objetivos.

Ambas, geografía e informática, se ven enfrentadas a una realidad cada vez más compleja y exigente tanto, en los aspectos de análisis de fenómenos de evolución ligada al espacio, como en la variedad, intensidad y volúmenes de información que la sociedad actual debe compilar.

La informática, una ciencia de reciente inicio (década de los 50), ha adquirido un ritmo de desarrollo insospechado, tanto en el breve tiempo, como en la cobertura de sus aplicaciones. Estas aplicaciones han alcanzado en general a todas las ciencias, y de entre ellas no se excluye la que tiene como objetivo el estudio integral del espacio. Este hecho lleva a la geografía a replantearse muchos enfoques en función de análisis de un nuevo territorio cada vez más complejo y dinámico en sus cambios. El nuevo objeto de estudio se evidencia como un espacio multidimensional en que los elementos que constituyen cada una de las distintas dimensiones, se tornan dinámicamente en causas y efectos de otras nuevas dimensiones, generando casi en forma continua en el tiempo, nuevos niveles resultantes, que se incorporan como nuevas causas y efectos modificadores o creadores de un número creciente de dimensiones espaciales y planos de información, que es necesario procesar para entender.

Por parte de la informática, surgen las teorías de información y de sistemas de información. En lo que concierne a la geografía, se desarrolla el concepto de geosistema, como una vía para lograr la comprensión holística de la problemática espacial.

En consecuencia la necesidad de hacer converger los conceptos anteriores en una herramienta que permitiera conciliar, por un lado el procesamiento de información y por otro las necesidades de análisis espacial, da origen a los hoy conocidos genéricamente con el nombre de SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA o SISTEMAS GEOGRAFICOS DE INFORMACION.

Una definición global del concepto encerrado en la notación SIG, " ES UNA ESTRUCTURA COMPLEJA DE PERSONAS Y EQUIPOS ORGANIZADOS MEDIANTE UNA SERIE DE PROCEDIMIENTOS, CON EL PROPOSITO DE RECOPIRAR, INGRESAR, ALMACENAR, TRANSMITIR, ANALIZAR Y COMUNICAR DATOS REFERENCIADOS GEOGRAFICAMENTE (GEO-REFERENCIADOS), PARA SERVIR NECESIDADES

DE INFORMACION DE USUARIOS QUE CENTRAN SU ACTIVIDAD PROFESIONAL EN LA GESTION TERRITORIAL.

2.- CARTOGRAFIA Y SIG.

2.1.- CONCEPTOS CARTOGRAFICOS GENERALES.

Los gráficos, y los mapas, han sido los elementos utilizados por la mayoría de las disciplinas en que se involucra el análisis espacial. Por más de 4.000 años muchas culturas han usado simbologías gráficas para representar la distribución de fenómenos sobre el territorio. Los gráficos bajo la forma de mapas, históricamente han puesto a nuestra disposición un útil medio para almacenar información, concebir ideas, analizar conceptos, predecir el futuro, desarrollar conceptos geográficos y finalmente comunicar conceptos espaciales a otras personas y generaciones.

La cartografía se define como la técnica que tiende a la representación plana de la superficie de la tierra, con objetivos, precisión, exactitud y contenidos que son condicionados por el usuario del mapa.

En general la información espacial puede ser obtenida en dos formas, cuantitativa o cualitativa. La primera puede ser expresada a través del lenguaje matemático y la segunda a través del correspondiente literal, pero ambas pueden ser expresadas mediante lenguaje gráfico.

La expresión gráfica puede ser realizada a través de diversos tipos de diagramas estadísticos, los que podrán ser referenciados a un punto o área de la que se analizan las características evolutivas en el tiempo y/o en el espacio (climatograma de una estación climatológica localizable espacialmente mediante latitud y longitud, perfil vegetacional definido por coordenadas del corte, etc.).

La expresión gráfica que muestra la asociación de un fenómeno a un espacio geográfico en el que aquel se desarrolla, genera una expresión cartográfica, la que resulta mucho más específica como modelo de una realidad compleja, haciéndola comprensible y permitiendo visualizar la evolución espacial del fenómeno analizado.

La expresión cartográfica se transforma así en un insuperable medio para almacenar, resumir y comunicar información asociada al espacio, posibilitando su utilización como medio de información o inventario, como medio de expresión de análisis e investigación y como herramienta de intervención espacial o de aplicación de planes y acciones.

Según la naturaleza y objetivos de los mapas se pueden distinguir en general cuatro tipos bien diferenciados: mapas topográficos, mapas bases, mapas temáticos y mapas síntesis. Cada uno de ellos estará condicionado por los objetivos que deban cumplir para el usuario, diferenciándose entre ellos, por los conceptos de precisión, exactitud y contenido.

2.2.- CONCEPTOS CARTOGRAFICOS EN LOS SIG.

Dado que un SIG opera con información geo-referenciada (latitud, longitud), la relación entre cartografía y los Sistemas de Información Geográfica es inevitable ya que la información para que adquiera su característica de geográfica, debe estar asociada a un sistema de coordenadas referenciales, generalmente ortogonales.

De esta forma el centro de gravedad de cualquier SIG, lo constituye necesariamente una base cartográfica sobre la cual se puedan localizar, puntual, lineal o arealmente los fenómenos y procesos geográficos a fin de que mantengan las características inequívocas de localización espacial.

Las bases cartograficas en un SIG, pueden ser consideradas como elementos estáticos instantáneos, lo cual no las haría tan diferente del concepto cartográfico tradicional. Sin embargo en el interior de todo SIG deben existir los elementos necesarios que permitan dinamizar la representación gráfica cartográfica, al mismo tiempo que imprimirle las características de multidimensión, las que difícilmente se pueden lograr en la forma tradicional.

3.- NATURALEZA DE LA INFORMACION EN UN SIG.

El hombre y el territorio, vinculados desde siempre a través de acciones o proyectos y reacciones o efectos del medio hacia el hombre, persigue como objetivo final un nivel de desarrollo creciente y por ende una calidad de vida superior y de amplia cobertura.

Se ha dicho que la complejidad de estas relaciones se basan en una artificialización del espacio, cuya principal característica es la multidimensionalidad de sus componentes. Ello, hace que tanto las relaciones como los efectos, tengan también las características de múltiples planos de información, los que se conjugan de determinadas formas, para estructurar en definitivas la diversidad de espacios geográficos con potencialidades y limitaciones bien definidas.

Estas potencialidades y limitaciones, pueden ser aprovechadas o superadas según sea al caso, sólo a través del conocimiento integral del o de los espacios a intervenir.

En general hasta hace poco tiempo y aún hoy, este proceso de conocimiento del espacio se realizaba básicamente con modelos simples de realidades mucho más complejas, a través de análisis monotemáticos, basados fuertemente en apoyos cartográficos tradicionales.

El desarrollo de la informática y su aplicación a la geografía, a través de la tecnología SIG, ha permitido profundizar en el conocimiento del espacio de una manera más global, posibilitando la transformación de la integración de estudios, en reales estudios integrados del territorio, poniendo de manifiesto las interrelaciones entre variables causa-efecto y permitiendo las determinaciones de patrones temporales de comportamiento espacial.

Los modelos espacio-temporales resultan, según la profundidad del análisis, mucho más representativos del comportamiento real de los procesos que se evidencian sobre el territorio.

Es evidente entonces, que los volúmenes y diversidad de información a procesar deben experimentar un incremento sustancial. Al mismo tiempo la calidad de ella debe ser permanentemente cuestionada, para asegurar la representatividad de cada dato, a la vez que dar solidez a los análisis y conclusiones que de ellos se deriven.

Por otra parte la dinámica de los cambios territoriales, impuesta por la aceleración del proceso de desarrollo, incide directamente sobre los períodos de caducidad de la información que debe trabajarse, haciendo necesario mantener actualizado el conocimiento del territorio través de levantamientos sistemáticos de información espacial.

En este punto surge un breve análisis sobre lo que podrían llamarse disciplinas con responsabilidades sobre el espacio. Son muchas y variadas las disciplinas profesionales que de una u otra forma actúan sobre el espacio, cada una de ellas con objetivos generales quizás no muy diferenciados entre sí, ya que se sustentan sobre el mismo territorio como elemento común, no así en sus objetivos específicos, los que comúnmente son los encargados de producir la sobreposición de dos o más acciones simultáneas (concordantes o divergentes), sobre el mismo espacio geográfico. El cuadro siguiente trata de mostrar una selección de actividades en las que intervienen muchas disciplinas y que de una u otra forma se les puede nombrar como responsables de las transformaciones espacio-temporales que se generan sobre el territorio.

ACTIVIDAD	EJEMPLOS DE INFORMACION
CONTROL TERRITORIAL	LIMITES(Nacional, Administrativos, Decretos de Afección o Liberación de Areas,etc...)
EXPLOTACION DE RECURSOS NATURALES	Geofísica, Topográfica, Geológica, Hidrológica, Edafológica, etc...
CONTROL Y MONITOREO DE IMPUESTOS Y BIENES RAICES	Catastro, tasaciones, etc...
PLANIFICACION DE USO DEL SUELO Y DE INFRAESTRUCTURA	Oferta, Demanda, Planes Reguladores, etc...
CONSTRUCCION Y DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA	Datos sobre los requerimientos de las obras en función del espacio.
ZONIFICACION DE USO DEL SUELO	Información multivariada para el establecimiento de patrones zonales, según objetivos.
NORMATIVAS DE CONSTRUCCION	Especificación sobre características específicas en relación al espacio.
MEDIDAS DE DESARROLLO	Información para Evaluaciones Integrales o sectoriales del espacio.
ESTADISTICAS CENSALES	Información de Población, Vivienda Salud, Economía, etc...
CONTROL Y MONITOREO DE RIESGOS Y CATASTROFES	Información sobre Incendios,Tsunamis, Terremotos, etc...
MANEJO DE RECURSOS NATURALES	Información sobre Cuencas, Reservas Mineras, Forestales,etc..
CONTROL Y MONITOREO AMBIENTAL	Información sobre Vida Silvestre, Aire, Agua, Suelo, etc...

Es interesante detenerse para examinar los requerimientos de información y las características de la misma, según cada actividad enunciada anteriormente. De allí se concluye que el punto de contacto entre todas las disciplinas es el espacio y la información que lo describe.

Por tal razón resulta adecuado profundizar en el entendimiento de los diferentes tipos de información que debe ser capaz de procesar un SIG.

3.1.- INFORMACION DEL MEDIO NATURAL

El espacio geográfico es la resultante de la sobreposición de dos grandes grupos de planos de información que pueden ser cuantificados y descritos mediante variables específicas a cada una de ellos.

El primer grupo lo constituyen los planos deducidos de las cuatro esferas naturales, Atmósfera, Litósfera, Hidrósfera y Biósfera, que en interrelaciones diferenciadas geográficamente, estructuran diversidades de espacios naturales resultantes, los que es preciso conocer a través de sus componentes elementales.

En una síntesis, el cuadro siguiente muestra el espectro que abarca la información sobre el medio natural, y que puede ser procesado por un SIG.

ESFERA NATURAL	EJEMPLO DE PLANOS DE INFORMACION
HIDROSFERA	INFORMACION HIDROGRAFICA CURSOS DE AGUAS NATURALES, CURSOS DE AGUAS ARTIFICIALES, CUERPOS LENTICOS, MARES Y OCEANOS, ETC...
	INFORMACION HIDROLOGICA AFOROS, RUTAS DE NIEVE, CARACTERISTICAS FISICAS, SERIES PUNTUALES DE CAUDALES, ETC...
	INFORMACION HIDROGEOLOGICA SONDEOS, REGISTROS DE POZOS, CATASTRO DE POZOS, ETC...
LITOSFERA	INFORMACION SOBRE SUELO Y SUBSUELO EDAFOLOGICA, GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, SERIES DE SUELOS, ETC...
ATMOSFERA	INFORMACION METEOROLOGICA PLUVIOMETRICA TERMOMETRICA CLIMATOLOGICA EN GENERAL

CONT...

BIOSFERA INFORMACION BIOTICA
 ANTROPOLOGICA,
 VEGETACIONAL,
 FAUNA SILVESTRE,
 ICTIOLOGICA, ETC...

Este conjunto de planos de información se pueden diversificar según sea la capacidad de procesamiento y de almacenamiento que un determinado sistema pueda ofrecer. Al mismo tiempo, no se debe perder de vista la geo-referencia que debe acompañar a cada variable descriptora, de cada plano de información, de cada esfera.

Es evidente que la conjunción de determinados comportamientos en los parámetros naturales, definirán también, determinadas vocaciones en los espacios. De esta manera se pueden diferenciar espacios con vocación minera, agrícola, ganadera, forestal, etc...

3.2.- INFORMACION DEL MEDIO CONSTRUIDO.

Como en la práctica no existen los espacios absolutamente naturales, es vital, incluir este segundo grupo de planos de información que reflejan la acción modificadora del hombre sobre aquellos espacios que en algún tiempo se estructuraron sólo por las leyes naturales.

En general el hombre en la búsqueda de la satisfacción de sus necesidades, desde siempre, ha realizado acciones sobre el medio, modificándolo con una óptica antropocéntrica y con un enorme egoísmo para con la naturaleza. Este accionar eterno del hombre sobre el medio, con el tiempo, ha ido creando e incorporando nuevas dimensiones espaciales, que es necesario describir a través de sus planos de información y del análisis interrelacionado con los correspondientes naturales pre-existentes.

A continuación se mencionan sólo algunos planos de información que tienen sus raíces en la modificación de los espacios naturales por el accionar del hombre.

EJEMPLOS DE PLANOS DE INFORMACION SOBRE EL MEDIO CONSTRUIDO

INFORMACION SOBRE EL USO ACTUAL DE LOS SUELOS
 INFORMACION SOBRE EL USO POTENCIAL DE LOS SUELOS
 INFORMACION SOBRE INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES
 INFORMACION SOBRE INFRAESTRUCTURA INDUSTRIALIZACION
 INFORMACION SOBRE URBANIZACION Y CENTROS POBLADOS
 INFORMACION SOBRE FUENTES ENERGETICAS
 INFORMACION SOBRE EXPLOTACION DE RECURSOS
 INFORMACION SOBRE DEMOGRAFIA
 ETC...

Estos dos grupos de planos se afectan mutua y dinámicamente imprimiendo características territoriales diferenciadas en los distintos espacios en que se conjugan. Esto ha provocado el surgimiento de un tercer grupo de planos de información que en su origen, son determinados por la presencia y concentración de la población por una parte, y por otra, por las resultantes de las intersecciones de los planos antes descritos.

3.3.- INFORMACION DERIVADA

Como consecuencia de lo antes expuesto, surgen constantemente nuevos planos de información como resultado de la interacción entre aquellos propios de la naturaleza y aquellos inducidos por el accionar antrópico. Este hecho genera, en función del ritmo de artificialización nuevos y cada vez más complejos niveles de información que se sobreponen en los distintos espacios intervenidos.

Surgen así, y a manera de referencia, planos de información como los que se señalan a continuación:

EJEMPLO DE PLANOS DE INFORMACION DERIVADA

INFORMACION SOBRE SOCIOECONOMIA
 INFORMACION SOBRE CONTAMINACION (AIRE, AGUA, SUELO)
 INFORMACION SOBRE CALIDAD AMBIENTAL
 INFORMACION SOBRE CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACION
 INFORMACION SOBRE IMPACTOS AMBIENTALES
 INFORMACION SOBRE ACCESIBILIDAD A RECURSOS
 ETC...

II.- CONCEPTOS GENERICOS SOBRE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

1.- GENERALIDADES

La adopción de la tecnología SIG, implica también el conocimiento de una serie de conceptos que hay que tener presente en la evaluación de un determinado sistema. Dentro de estos conceptos, se encuentran entre otros, el esclarecimiento de la áreas de aplicación, de los beneficios que de ellos se puede esperar y el condicionamiento de la naturaleza, forma y estructura de los datos que debe y puede procesar un sistema con esta orientación.

1.1.- DEFINICION

Se considera como definición genérica de un Sistema de Información Geográfica, un conjunto de elementos (personas, hardware y software) organizados con la capacidad de ingresar, almacenar, administrar, analizar, transmitir y comunicar datos geo-referenciados (referenciados geográficamente por coordenadas de latitud y longitud).

1.2.- AREAS DE APLICACION DE UN SIG

El estudio de este aspecto, pone de manifiesto por una parte, la enorme potencialidad de análisis que permite a una amplia gama de disciplinas, y por otra las limitaciones de sistemas específicos que son definidas en su diseño por los objetivos de su aplicación. De esta manera se pueden encontrar SIG con orientaciones hacia la minería, hacia lo forestal, hacia lo urbano etc..., pudiendo individualmente exceder dichos objetivos, pero con notorias pérdidas de eficiencia.

En general los SIG encuentran su ámbito de aplicación en las siguientes áreas, entre otras.

- Estructuración de bases cartográficas digitales.
- Inventario de recursos naturales.
- Manejo de recursos naturales.
- Planificación, urbana, regional, nacional.
- Modelaje y simulación de procesos naturales, sociales, económicos, etc...
- Levantamiento de catastro, urbano, rural.

- Evaluación de la calidad ambiental.
 - Evaluación de riesgos naturales.
 - Evaluaciones socioeconómicas.
 - Administración de recursos.
 - Localización de empresas e infraestructura.
 - Administración de cuencas.
- etc...

1.3.- BENEFICIOS QUE APORTA UN SIG

Evaluados empíricamente variados Sistemas de Información Geográfica, se ponen en evidencia entre otras las siguientes ventajas o beneficios.

- a.- Mejoran el ordenamiento de los datos referenciados espacialmente.
- b.- Permiten mantener los datos en forma físicamente compacta.
- c.- Proveen un Único lugar para el resguardo de los datos.
- d.- Permiten la recuperación de la información en tiempos breves.
- e.- Proporcionan herramientas computacionales capaces de realizar variados tipos de manipulación de los datos, incluyendo las mediciones de mapas, las sobreposición de mapas, transformaciones de los formatos de los datos, diseños gráficos y manejo de bases de datos.
- f.- Permiten reducir los costos del procesamiento de los datos, especialmente en las etapas de actualización de los mismos.
- g.- Permiten mezclar datos gráficos con datos no-gráficos (atributos) y su manipulación simultánea.
- h.- Permiten el diseño gráfico interactivo a través de las herramientas de dibujo automatizado las que a su vez posibilitan acelerar y mejorar las tareas cartográficas tradicionales y diversificar la cartografía temática.

- i.- Permiten en forma rápida e iterativa realizar pruebas y calibraciones de modelos conceptuales que se deseen aplicar sobre el espacio. Esta propiedad favorece tanto a los criterios científicos como a los de administración y control del espacio en tiempos reducidos y sobre grandes áreas.
- j.- Facilitan el análisis de los procesos espaciales para distintos períodos de tiempo.
- k.- Amplían el espectro del procesamiento y análisis de toda la información que contienen.
- l.- Permiten ciertas formas de análisis que manualmente resultarían muy costosas o ineficientes, tal es el caso de análisis digital del terreno, cálculos tales como pendientes, intensidad de insolación, sobreposición de conjuntos complejos de polígonos, etc...
- m.- Favorecen el proceso de toma de decisiones relativas al espacio, a través de las facilidades de integración y asociación de información.
- n.- Permiten la incorporación constante de nuevas aplicaciones, provenientes de desarrollos del o de los usuarios, de acuerdo a sus necesidades de procesamiento.

1.4.- DESVENTAJAS DE LA ADOPCION DE UN SIG.

Más allá de la serie de ventajas enunciadas como beneficios que aporta un SIG, es necesario tener presente también la existencia de desventajas asociadas ya sea al desarrollo de un SIG o a la adquisición de uno de estos sistemas. Estas desventajas es preciso evaluarlas cuidadosamente sobre todo en el caso de adquirir un sistema del tipo LLAVE EN MANO (turn key).

Entre los aspectos que se deben considerar ante una potencial adopción de una sistematización de la información geográfica, se pueden destacar los siguientes como los básicos.

- a.- Los costos asociados a los problemas técnicos de convertir los registros geográficos existentes en archivos digitales automatizados.

- b.- Los presupuestos para el financiamiento de la mantención tanto técnica (equipos, programas), como de protección y actualización de la información ya automatizada.
- c.- El elevado monto de las inversiones iniciales en la adquisición y llenados de las bases de datos.
- d.- Es importante también la evaluación de los beneficios marginales en función de áreas específicas de aplicación.
- e.- Por último, en los casos de adquisiciones de sistemas completos, resulta imprescindible la nítida definición de los objetivos de tal compra, así como la verificación del sistema con respecto a sus potencialidades y condiciones contractuales con los proveedores.

1.5.- TIPOS COMUNES DE SISTEMAS ACTUALMENTE EN USO.

Desde hace unos cinco años, los Sistemas de Información Geográfica han demostrado un aporte real de beneficios a la solución de una variada gama de problemas espaciales. Es así como estos sistemas están hoy, siendo adaptados al actual flujo de información y proceso que implica el establecimiento de relaciones entre gobiernos y entidades privadas.

En el presente, hay variados tipos de tecnologías de información, las cuales tienden a ser asociadas mediante la estructuración de "paquetes" en que son inseparables los dos elementos básicos: equipos (hardware) y programas (software).

Estos llamados "paquetes", en general, se pueden clasificar según las siguientes categorías:

- a.- Sistemas para diseños de Ingeniería. Normalmente implementados para computadores personales con sistemas gráficos del tipo CAD/CAM. (CAD: Dibujo Asistido por Computador, CAM: Cartografía Asistida por Computador). Sus aplicaciones abarcan tópicos como la fotogrametría, topografía, mapas bases, diseño de obras de Ingeniería, catastros multifinalitarios, etc..

- b.- Sistemas de Información de propiedades o pequeñas unidades areales. Implementados en general sobre computadores mayores (mainframe), que sean capaces de soportar Sistemas Menejadores de Bases de Datos (DBMS). Estos sistemas permiten el manejo de grandes volúmenes de atributos asociados a una porción de terreno.
- c.- Sistemas Generales para estadística y cartografía temática. Son implementados tanto para computadores personales como para midi y macro computadores. Sus aplicaciones se orientan hacia el manejo de recursos naturales, inventarios forestales, vegetación, geología, suelos, cartografía censal, planificación ambiental, etc...
- d.- Sistemas de información bibliográfica. Contienen variados catálogos y referencias, de datos bibliográficos, además de posibilidades de transferencias de documentos vía comunicaciones sateliticas a todo el mundo.
- e.- Sistemas de información para servicios urbanos. Capaces de entregar información precisa y oportuna (interactivos) a personal de mantenimiento de servicios como redes de aguas, gas, electricidad, teléfono y alcantarillado.
- f.- Sistemas de procesamiento de imágenes de satélite. Tradicionalmente asociado con el procesamiento de imágenes provenientes de satélites como el LANDSAT, NOA, NIMBUS y más recientemente con el SPOT.

Todas estas tecnologías están orientadas a procesar tipos muy específicos de flujos de información. No es el propósito de este documento entrar en detalle de cada uno de estos Sistemas de Información, sino que más bien, extraer de todos ellos un denominador tecnológico común permitiendo de esta manera la comprensión global de la tecnología SIG usada actualmente por los sistemas puestos en el mercado.

En general las grandes diferencias que se pueden observar dentro de los diferentes tipos de tecnologías SIG radican esencialmente en dos aspectos:

- a.- Diferencias funcionales, definidas desde el diseño de los distintos sistemas, en función de los objetivos que se fijan como prioritarios que cada sistema en particular debe cubrir a cabalidad.

- b.- Diferencias estructurales, definidas por construcción y que afectan directamente la exactitud y precisión de los datos susceptibles de ser procesados. Este mismo hecho incide directamente en los costos asociados de esta tecnologías, es decir, a mayor características de precisión, mayores serán los costos asociados.

III.- ESTRUCTURA OPERACIONAL DE UN SIG.

Un sistema, según el concepto, es un conjunto de elementos que combinados en forma lógica y organizada, permiten realizar funciones específicas, para las cuales son diseñados desde el momento de su concepción, fabricación y ensamblaje. Los SIG no son ajenos a este precepto y por lo tanto desde su concepción son estructuras complejas cuya función primordial es el proceso de información relativa al espacio. Refiriéndonos a su fabricación, surgen dos elementos básicos que les dan forma. Por una parte, el soporte técnico de los equipos (hardware), y por otra, el soporte lógico del manejo propiamente tal de la información que viene dado por rutinas o conjuntos de rutinas que realizan determinadas funciones que llevan al cumplimiento de los objetivos de diseño de estos sistemas.

1.- COMPONENTES ELEMENTALES DE UN SIG

De lo anterior se desprende que en general, dos son los componentes básicos que integran los Sistemas de Información Geográfica, y de ellos se tratan los puntos siguientes.

1.1.- EQUIPOS (HARDWARE)

Los equipos de los cuales requiere un SIG se pueden clasificar según tres funciones específicas, la primera función la cumplen aquellos que permiten capturar información para transformarla a términos entendibles por computadores. Dentro de estos equipos se encuentran instrumentos de medición, registro, grabación y digitación. La función que deben cumplir el segundo tipo de equipos integrantes corresponde al procesamiento, compactación y almacenamiento de la información. Por último se encuentran los equipos cuya función es visualizar, desplegar, dibujar, imprimir, transmitir y en general comunicar información.

1.1.1- EQUIPOS DE INGRESO DE INFORMACION

La primera fase del proceso de automatización o de sistematización de la información deberá ser satisfechas con equipos capaces de cumplir dos funciones básicas: la primera, de poder transformar la información numérica y literal en archivos con características computacionales, susceptibles de ser almacenados en medios magnéticos, bajo la forma de archivos digitales. La segunda función que deben cumplir consiste en la estructuración de archivos digitales que contengan el espacio geográfico bajo la forma de números. En efecto, el proceso cuyo objetivo es convertir la información gráfica en información numérica se denomina digitalización o digitación.

Digitalizar un documento gráfico, no es otra cosa sino determinar a través de un instrumento especial " la posición de cada punto visualizado sobre el documento gráfico en un sistema de referencia asociado al instrumento o mesa de digitalización". Cada uno de los pares de coordenadas que definen la posición de un punto del documento tratado, referido al equipo de digitalización, se denominan " coordenadas de mesa ".

En la actualidad, se viene incorporando con fuerza una nueva generación de equipos capaces de realizar esta labor, se trata de los scanner, que están compuestos de lectores ópticos que le permiten ingresar las imágenes analógicas mediante un barrido de líneas sucesivas, en la que son detectadas las distintas tonalidades presentes y automáticamente le asigna a cada una de ellas un valor (dígito) en función de patrones ópticos.

Por otro lado se tiene información espacial que es adquirida originalmente bajo la forma numérica o digitalizada, tal es el caso de las imágenes de satélites que son fotografías del terreno en cuatro longitudes de ondas del espectro y que son registradas automáticamente por los componentes integrantes de los satélites, y que luego son transmitidas a estaciones receptoras terrestres donde se almacenan en medios magnéticos.

Además de las imágenes de satélites existe información que es recabada sobre el terreno en forma ya digitada, este es el caso de las encuestas o mediciones de parámetros en su aspecto cuantitativo (temperatura, humedad, etc...), que no es sino la transformación en números de un cierto estado de un parámetro en un cierto momento y referido a un espacio determinado (coordenadas). Los equipos empleados para la incorporación de estos datos territoriales a las bases de datos, por lo general son las pantallas o monitores de computación.

Si se considera que la digitalización es el proceso de transformar todo tipo de información en dígitos reconocibles por los computadores, no importando el equipo que se requiera para lograrlo, entonces es también el proceso que permite la estructuración de bases de datos digitales, a través de los cuales se puede, posteriormente proceder al análisis del territorio en forma integrada.

1.1.2.- EQUIPOS DE PROCESO Y ALMACENAMIENTO

En general este grupo de equipos lo constituyen físicamente las unidades centrales de procesos (CPU), las que pueden fluctuar desde las mayores llamadas mainframe, hasta aquellas mas recientes de tamaño reducido genéricamente denominadas computadores personales (PC) y aquellos compatibles. Estas unidades son controladas por sistemas software de control que les imprimen las potencialidades de proceso y de manejo global de bases de datos,

archivos, registros, campos, etc...

También desde el punto de vista físico, tienen una gran importancia los dispositivos magnéticos para el almacenamiento de información. Entre los principales se cuentan los paquetes de discos (mainframe), los discos duros de altas capacidades (PC's), los discos flexibles o floppy disk, los discos duros removibles de tamaño reducido, las cintas magnéticas en sus formas de carretes y cassettes. Es en estos dispositivos en los que el proceso de digitalización tiene su culminación ya que una vez registrada la información en cualquiera de estos dispositivos, los datos quedan a disposición de los mecanismos de procesamiento analítico.

El procesamiento de enormes volúmenes de datos originales, debe realizarse de forma rápida y segura, para ello es necesario optimizar las formas de almacenamientos de la información. Esta situación ha llevado a la informática a desarrollar las técnicas de bases de datos, las que se realizan el almacenamiento de la información según los siguientes conceptos básicos: selectividad, óptima organización, no duplicidad, afinidad y por último, conectividad.

1.1.3.- EQUIPOS DE VISUALIZACION

Sobre este grupo de equipos descansa el potencial de los sistemas en cuanto a la presentación final de los resultados producto de los distintos análisis que se realizan sobre los datos contenidos en el sistema. Un sistema que no pueda ofrecer buenas visualizaciones de resultados de procesamientos realizados, no permitirá una correspondencia adecuada entre el esfuerzo que significa un sofisticado proceso y los productos finales que de dichos procesos se deseen.

En este grupo de equipos destacan en forma especial aquellos que permiten realizar el proceso inverso de la digitalización, es decir, transformar datos digitales provenientes de resultados de análisis, en información analógica o gráfica. Los de uso común actualmente son genéricamente tres : pantallas, impresoras y plotters o también llamados trazadores digitales.

Las pantallas o monitores, son prácticamente los únicos equipos que pueden actuar tanto en el ingreso de información como en la visualización de los resultados. Existen de variados tipos tanto en características físicas como técnicas. En general por fabricación vienen definidas primero como pantallas monocromáticas o de color, dentro de estas últimas, también varía la amplitud de la gama de color que pueden ofrecer (desde 4 hasta 256 colores). Otra de las características que las diferencia entre ellas, viene dada por la resolución que permiten, es decir, las hay de baja y

alta resolución, esta característica de las pantallas está relacionada con el tamaño mínimo del carácter que pueden representar nítidamente. Esto significa que a mayor resolución la pantalla podrá representar un mayor número de líneas y columnas de caracteres, lo inverso sucede con aquellas de baja resolución. A nivel de computadores personales y estaciones de trabajo, las pantallas según su construcción deberán estar asociadas a las llamadas tarjetas de control, que se incluyen en el computador según la pantalla. Resulta entonces que los monitores monocromáticos pueden ser controlados por tarjetas HERCULES solo si son de alta resolución, por tarjetas CGA si son de baja resolución. Por su parte los monitores en colores, podrán ser controlados en orden ascendente de resolución por las tarjetas CGA, EGA y VGA.

Vistas desde el punto de vista del funcionamiento las pantallas se pueden clasificar de dos tipos: remanentes o con memoria y las de enfriamiento que requieren de memoria adicional.

Las pantallas remanentes son las más simples, la imagen se genera en la pantalla y continua desplegada después del lanzamiento de electrones que la ha generado. Esta técnica asegura una imagen de alta calidad, estable y bien contrastada que puede contener en sí, un gran volumen de información. La única desventaja que presenta este tipo de pantallas es que si es preciso hacer alguna modificación en la imagen desplegada, será necesario borrarla, corregirla, volverla a almacenar o a desplegar una vez más.

Las pantallas de enfriamiento necesitan por su parte una memorización numérica o analógica de la imagen que se está trabajando para poder " refrescar " o regenerar la imagen a intervalos de tiempos constantes de alrededor de unas 50 veces por segundo. Este tipo de monitores permiten una comunicación conversacional, netamente interactiva, esto se realiza mediante el empleo de un lápiz luminoso que permite modificar, crear o anular ciertos elementos gráficos de la imagen apoyándose directamente sobre la superficie de la pantalla.

Otro de los equipos comúnmente empleados en la visualización de resultados de un sistema de esta naturaleza son la impresoras gráficas. También entre ellas existen grandes diferencias asociadas en primer término a sus resoluciones, originadas en los desarrollos tecnológicos respecto a la fineza del carácter mínimo que pueden representar. Dicha resolución esta condicionada al número de agujas que en combinaciones adecuadas pueden generar los conjuntos de caracteres literales, numéricos y gráficos. Otra diferenciación entre ellas radica en la velocidad de impresión, que viene definida desde su fabricación por un número determinado de caracteres por segundos impresos.

Recientemente el mercado ha recibido impresoras con tecnología de punta que utiliza el rayo laser como elemento sensibilizador del papel, acetato o placas fotográficas, lógicamente esta nueva generación de impresoras se pone por sobre todo lo conocido en cuanto a calidades en productos impresos generados por computadores.

En cuanto a los trazadores digitales o plotters, ellos pueden ser clasificados en tres grandes grupos: electromecánicos, electrónicos y de precisión. Todos ellos pueden ser controlados por diferentes mecanismos que van desde el computador mismo (en línea) hasta unidades de cintas o discos (fuera de línea).

Dentro de los plotters electromecánicos se pueden encontrar de diferentes tipos modelos dependiendo de la precisión de trabajo del instrumento y de la fábrica que lo construye. En este grupo se pueden encontrar los plotters de rodillo o tambor en los que la pluma se desliza siguiendo un eje del sistema cartesiano y el papel lo hace siguiendo el eje perpendicular al de la pluma.

También existen los plotters de mesa o de cama plana (flat bed) en los que la pluma viaja en los dos ejes del sistema cartesiano y el papel se encuentra fijo y sin movimiento sobre el área de dibujo de la mesa. El control de los movimientos del papel y de la pluma, generalmente se realiza por motores eléctricos comandados ya sea por impulso discontinuos (plotters de incrementos) o por tensiones continuas (plotters analógicos). Este tipo de equipos se utilizan ya sea para trazados de verificación o para trazados definitivos según sus características de precisión, velocidad o presentación. Estos plotters permiten la ejecución automática de dibujos con carácter geográfico compuesto por líneas, símbolos y textos. También pueden soportar varias cabezas de escrituras y trabajar sobre cualquier tipo de papel, plástico, nylon o estabilene.

En cuanto a los plotters electrónicos, el más importante es el fotoplotter, equipo que permite incluso trabajar sobre microfilms de dimensiones entre 16, 35 o 75 milímetros. El trazado se efectúa mediante el desplazamiento de un rayo luminoso sobre materiales fotosensibles. Esta característica hace a este tipo de instrumento, alrededor de 100 veces más rápido que cualquier otro plotter.

El tercer tipo de plotters, son aquellos de alta precisión y cuya orientación está dirigida a la elaboración de documentos cartográficos de producción regular. La exigencias impuestas por una labor cartográfica regular, obliga a satisfacer características de alta precisión y del empleo de una variada gama de aditamentos que permitan trabajar sobre diferentes materiales y con desplazamientos programables del orden de 5 micrones.

Estos plotters poseen una superficie plana de dibujo de grandes dimensiones, sobre la cual se desplaza un brazo que sostiene un carro móvil que lleva los diferentes tipos de plumas y buriles. La versatilidad de estos equipos permite el trazado normal sobre papel, el corte de capas de películas sobre celuloide para la confección de máscaras de colores, la sensibilización de películas fotográficas con posibilidades de regulación de diafragma (control de intensidad de luz), etc... Se trata entonces, de equipos altamente sofisticados y cuyas aplicaciones son muy diversificadas, en efecto, a menudo ellos son controlados por unidades especiales (computadores) dedicadas exclusivamente a realizar las funciones de dibujo y por lo general, siempre en forma independiente del sistema central que solo se limita a la generación de los archivos de dibujo en unidades magnéticas específicas.

1.2.- PROGRAMAS (SOFTWARE)

Es quizás este punto en el cual se produce la mayor variabilidad cuando se procede a la comparación de sistemas homólogos. Si observamos las denominaciones de los distintos sistemas en operación, veremos que son en general, las siglas de los nombres de los programas que los componen (ARC-INFO, INFOR-MAP, PMAP, etc...). Existen variados tipos de programas para cumplir igualmente variadas funciones específicas, sin embargo dentro de la tecnología SIG, se pueden reconocer básicamente dos grandes tipos de programas, según las funciones genéricas que realizan. Cabe señalar que los programas son algoritmos lógicos, que permiten realizar la comunicación entre el usuario y el equipo en la prosecución de algún objetivo intrínseco en él.

1.2.1.- PROGRAMAS NO GRAFICOS

La primera clase de programas que estructuran el software de un SIG, es aquella que se refiere a todos los algoritmos, programas o rutinas, que permiten realizar variadas operaciones dentro y con el sistema, sin la capacidad de graficar. En este grupo se encuentran genéricamente los siguientes programas o conjuntos de programas.

PROGRAMA

FUNCION

SISTEMA OPERATIVO	CONTROLAR INTEGRALMENTE TODO EL SISTEMA (HARDWARE Y SOFTWARE). POSIBILITAR LA ACCION DEL USUARIO SOBRE EL SISTEMA (COMANDOS)
-------------------	--

CONT...

MANEJADOR DE BASES DE DATOS	PERMITIR LA ADMINISTRACION DE LAS BASES DE DATOS EN EL SISTEMA (ADICION, SUSTRACION, MODIFICACION, ELIMINACION, INCORPORACION, ETC...)
-----------------------------	--

SISTEMAS DE CALCULO ESTADISTICO Y MATEMATICO.	POSIBILITAR LA APLICACION DE LAS TECNICAS ESTADISTICAS MATEMATICAS A LOS DATOS CONTENIDOS EN LAS BASES DEL SISTEMA.
---	---

SISTEMAS DE INTERPRETACION Y COMPIACION DE LENGUAJES DE PROGRAMA.	PERMITIR LA INCORPORACION DE APLICACIONES NUEVAS, QUE PUEDAN SER CREADAS POR EL O LOS USUARIOS DEL SISTEMA. (INCORPORACION DE NUEVAS RUTINAS ESPECIFICAS, NO CONTEMPLADAS EN EL SISTEMA ORIGINAL)
---	---

PROGRAMAS UTILITARIOS	HACER MANEJOS OPERACIONALES DENTRO DEL SISTEMA A NIVEL EXTRA-SISTEMA.
-----------------------	---

1.2.2.- PROGRAMAS GRAFICOS

En esta clasificación caben todas aquellas herramientas del tipo software, que posibilitan dar expresiones analógicas a la información no gráfica. En la actualidad existe una multiplicidad de software con esta orientación, abarcando áreas desde el dibujo publicitario hasta aquellas que permiten el diseño, trazado y publicación de cartografía topográfica, pasando por programas para graficación estadística, dibujos de proyectos de Ingeniería y para manejo de imágenes de satélites multiespectrales.

2.- CARACTERISTICAS DE LA INFORMACION EN UN SIG.

Al enfrentar una tecnología SIG, hay también que encarar una concepción diferente de información. La información geográfica presenta dos características básicas:

- a.- El fenómeno analizado, que puede ser registrado a través de sus características, por las variables que lo representan, por su clasificación, por su valor, por su nombre, etc...
- b.- Su localización espacial, que asocia el evento a través de coordenadas, con el espacio en que el fenómeno se desarrolla.

Sin embargo, aparece una tercera
característica, que es especialmente relevante en cualquier SIG, y es el tiempo.

En la figura 1, se presenta un diagrama de las relaciones de estos tres elementos (datos de localización, datos de atributos de los fenómenos o descriptores y

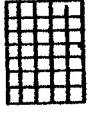
INFORMACION GEOGRAFICA										
DATOS DE LOCALIZACION					DATOS DE ATRIBUTOS					
COORDENADAS X,Y			REDES TOPOLOGICAS		VARIABLE	CLASES	VALORES	NOMBRES		
PUNTO	LINEA	POLIGONO	GRILLA	REDES	SUELOS	1		ARENA		
X					...	...	...	...		
						TIEMPO 1				
						TIEMPO 2				
						TIEMPO 3				

FIGURA N° 1

finalmente la relación de ambos con el tiempo). En esta figura se puede observar que el manejo de los datos espaciales puede llegar a ser altamente complejo debido a que la localización y los descriptores a menudo pueden cambiar en forma independiente, uno con respecto al otro, en el tiempo.

Además un efectivo manejo de información espacial, requiere que las coordenadas de localización y los valores de los descriptores de procesos que se desarrollan en el espacio, sean independientes entre sí. Esto quiere decir que los atributos puedan cambiar sus características pero a la vez, manteniendo su misma ubicación sobre el terreno, o vice versa.

Solo concibiendo una estructura general de bases de datos para el procesamiento de la información geográfica, se podrá controlar y manipular en forma óptima los dos tipos básicos de información en un SIG. Se han diseñado diferentes programas y sistemas cuyos objetivos son manipular estos dos tipos de datos en forma diferenciada. En algunos casos, los datos de localización son considerados como un atributo adicional que se asocia a las características geográficas del fenómeno. En otros sistemas los datos de localización, son almacenados en forma separada de aquellos que describen las características de un eventos que evoluciona en el espacio. Los últimos desarrollos en este campo permiten, una mayor flexibilidad en la modificación de los datos en función del tiempo.

Por la amplitud de la naturaleza los datos que debe procesar un SIG, es importante detenerse y analizar los distintos tipos de información así como la representación espacial de ellos a través de un Sistema como el que nos ocupa. En general cualquier fenómeno espacial puede ser representado mediante el empleo de tres notaciones elementales que son las siguientes: puntos, líneas, y polígonos.

2.1.- PUNTOS. (DIMENSION NULA)

Un evento cuya representación en el espacio es un punto (en función de la escala), quedará definido inequívocamente por un par ordenado de coordenadas a las cuales se le asocia el atributo del evento como por ejemplo, un valor altimétrico del terreno, o cualquier otro atributo que tenga una presencia puntual en el espacio ya sea estática o dinámica en en tiempo.

2.2.- LINEAS. (UNA DIMENSION)

Representan un evento cuya localización espacial se visualiza como un recorrido específico, que queda determinado por un conjunto de pares ordenados. Al asociarle

a este conjunto de coordenadas, el atributo, se puede obtener el curso de un río, de una vía, de una falla geológica, etc...

2.3.- AREAS. (DOS DIMENSIONES)

Manifiestan la presencia espacial de eventos cuyo desarrollo está delimitado por un conjunto de líneas interconectadas que dan origen a polígonos. El atributo asociado en este caso, tendrá validez solo dentro de los límites del polígono en el cual, el atributo, debe tener un comportamiento homogéneo el que puede ser inducido por procesos estadísticos matemáticos. Dentro de esta representación se puede mostrar tipos de suelos, vocación de espacios, deterioros ambientales, riesgos, densidades, tipologías agroclimáticas, etc...

La figura 2, presenta una lista de siete tipos de datos geográficos asociados, según las tres notaciones elementales antes enunciadas para la representación de esta información un SIG.

2.4.- SISTEMAS DE COORDENADAS

Puntos, líneas y polígonos se definen sobre los mapas usando coordenadas cartesianas como latitud y longitud, basado en los principios de la geometría Euclídea. Este sistema de coordenadas ortogonales es usada como una herramienta para medir localizaciones espaciales relativas, y analizar problemáticas de localizaciones como centros de gravedad, teorías de atracción o rechazo de procesos geográficos y localización industrial entre otras.

La figura 3, conceptualiza la transformación de un típico mapa estructurado con puntos, líneas y polígonos, sobre un sistema cartesiano, en un archivo SIG en coordenadas x,y.

En la expresión de fenómenos geográficos, además de usar el sistema Cartesiano, se puede usar los principios de la teoría de grafos que involucra las relaciones topológicas para expresar localizaciones relativas de un conjunto de elementos de un mapa.

En la actualidad y desde su desarrollo por la Oficina de Censos de Estados Unidos, el sistema más usado en la actualidad en la mayoría de los SIG, es el sistema DIME (Dual Independent Mapping Encoding), que combina el sistema de coordenadas cartesianas (x,y) con todos los elementos de la topología (nodos, segmentos de líneas y polígonos). Esta combinación de sistemas permite también la inclusión de coordenadas x,y asociadas a un nodo, o a una intersección de segmentos de líneas que delimitan áreas de un polígono.

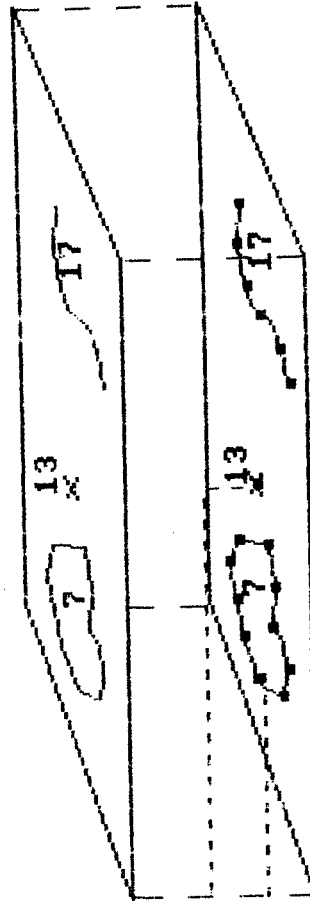
I N F O R M A C I O N							
PUNTUAL	AREAL	REDES	ENCUESTAS	SUPERFICIE	TOPONIMIA	SIMBOLOS	
P U N T O S			3.1 4.5 2.6	100 200 300	• Arica • Iquique		
	Sitio Arqueológico de P.	Nodos	Estaciones de registro	Cotas topográficas	Nombres de lugares	Símbolos puntuales	
L I N E A S				100 400			
	Lago	Uniones	Líneas de flujo	Curvas de nivel	Nombre de ríos	Símbolos lineales	
P O L I G O N O S			80 50				
	Uías	Límites Polígono	Representatividad datos.	Proximidad de polígonos	Nombres de polígonos	Achurado de polígono	
			5.1 10.5				
	Suelos	Densidad					

FIGURA N° 2

METODO DE TRANSFORMACION DE UN DOCUMENTO ANALOGICO, EN UN ARCHIVO DE COORDENADAS X,Y

MAPA ORIGINAL

MAPA EXPRESADO EN COORDENADAS ORTOGONALES.



NUMERO IDENTIFICADOR		LOCALIZACION
PUNTO	13	X, Y (SOLO UN PUNTO)
LINEA	17	$X_1 Y_1; X_2 Y_2; \dots; X_n Y_n$ (UN VECTOR)
POLIGONO	7	$X_1 Y_1; X_2 Y_2; \dots; X_1 Y_1$ (UN CICLO)

FIGURA N° 3

La figura 4, ejemplifica como un típico mapa compuesto de polígonos, puede ser asimilado a una malla topológica y de esa forma realizar su descomposición en 6 nodos, 9 uniones o segmentos de líneas, que dan forma geométrica a 4 polígonos. Realizada esta abstracción, se puede generar información derivada que permite reconstruir la imagen original si se mantienen como premisas algunos conceptos como: el número del polígono, a la derecha o izquierda de cada segmento de línea, y la numeración de ellas al igual que los nodos identificados en la malla. Enseguida si a cada nodo se le posiciona con respecto al espacio con coordenadas cartesianas, se tendrá un sistema dual de codificación del tipo DIME, que permitirá la localización en el mapa de todos elementos que lo conforman inequívocamente.

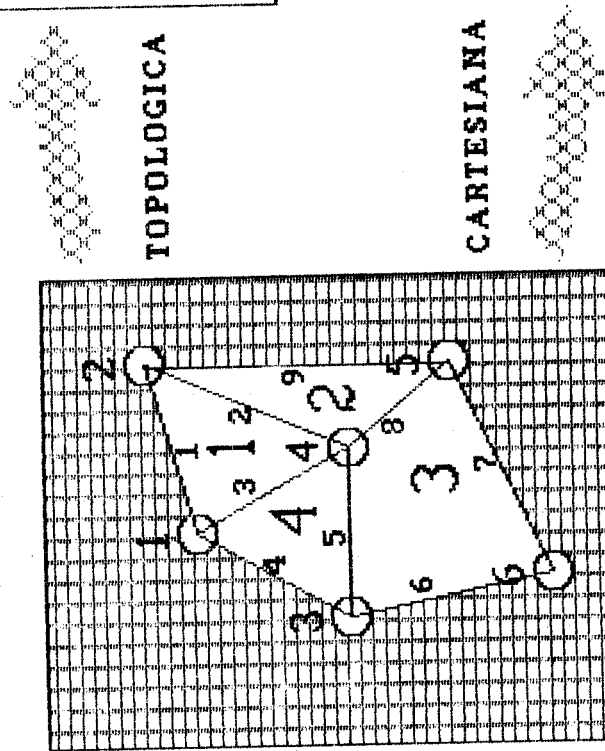
Este sistema mixto de localización de elementos gráficos no sólo permite los análisis a través de coordenadas x,y , sino que además, posibilita el empleo de las matemáticas asociadas a la teoría de grafos, para análisis de redes, agregaciones espaciales, depuraciones, optimizaciones de flujos, localizaciones, etc... Sin profundizar mucho más en estos conceptos, cabe destacar que a través de la topología se puede definir la localización de un fenómeno geográfico con respecto a otro, pero ello no implica necesariamente, el uso del concepto de distancia en la definición de estas relaciones, es más, se puede llegar a definir espacialmente un mapa sin requerir coordenadas.

Otra posibilidad técnica de localización espacial de aplicación en SIG, la constituye el empleo de máscaras o grillas para definir polígonos regulares, pero arbitrarios, en el proceso de codificación de datos geográficos. El sistema de grilla lleva inherente un sistema de coordenadas en el cual no se requiere de una asociación precisa. La técnica de grilla usa matrices definidas por el número de filas y columnas (i,j) , denominando como celda a cada unidad elemental que la compone.

La figura 5, ilustra como se procede para transformar un mapa de polígonos en una matriz de datos que representan la variación de un evento geográfico, mediante la asignación de valores a cada unidad de grilla o celda.

Hasta aquí nada se ha expresado con respecto al tamaño que debe tener cada celda en un SIG. En general este aspecto es el condicionante de la capacidad de detalle que puedan contener los resultados, así como de las posibilidades analíticas que sobre la información se pueda operar. A nivel de recomendaciones generales se sugieren los siguientes criterios básicos, a tener presente, en la definición del tamaño de cada celda en una grilla para la captación de información territorial.

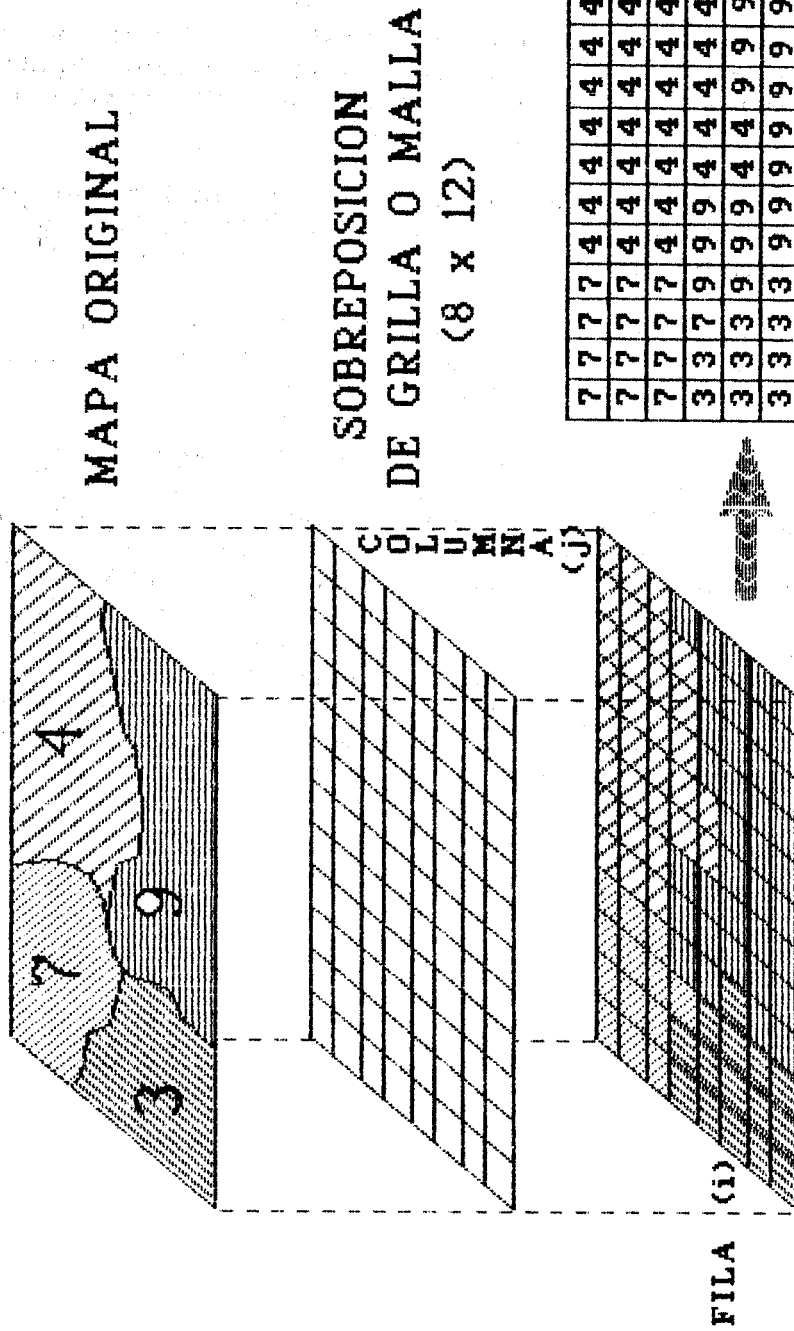
SISTEMA DIME DE CODIFICACION MIXTA.



UNIONES	POLIGONOS		NODOS	
	DERECHA	IZQUIERDA	1	2
1	1	0	1	2
2	1	2	2	4
3	1	4	4	1
4	0	4	1	3
5	3	4	3	4
6	0	3	3	6
7	0	3	6	5
8	3	2	4	5
9	0	2	5	2

NUMERO DEL NODO	COORDENADAS	
	X	Y
1	10.0	10.0
2	20.0	8.5
3	5.0	25.0
4	15.3	25.0
5	22.3	35.0
6	7.5	44.2

FIGURA N° 4



7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4
7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4
7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	7	9	9	4	4	4	4	4	4	9
3	3	3	9	9	4	4	9	9	9	9	9
3	3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9
3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9

**MAPA ORIGINAL CONVERTIDO
EN MATRIZ DE DATOS**

FIGURA Nº 5

ESTADISTICA DEL MAPA	
Nº DE CELDAS	VALOR
13	7
15	3
37	9
31	4

- a.- Se recomienda utilizar la resolución presente en los datos originales antes de ser ingresados al sistema.
- b.- Lograr la definición del menor tamaño de celda que pueda ser manejado por sistema.
- c.- Tender a ajustar el tamaño y forma de la celda, de manera que exista compatibilidad entre ella y las capacidades de resolución de los equipos de visualización.
- d.- En lo posible lograr que la unidad mínima de mapeo sea cercana a un 50% mayor que el tamaño de la celda elegida.
- e.- Condicionar el tamaño de la celda en función del objetivo que se precisa satisfacer en los resultados.

En este punto resulta inevitable hacer mención a la información geográfica generada por instrumentos de percepción remota, específicamente aquella captada por satélites bajo la forma de imágenes multiespectrales (imágenes de LANDSAT en cuatro bandas). La estructura digital de las imágenes captadas por los satélites, corresponde a la de grilla o matriz, en que las celdas pasan a denominarse pixels, en que cada una de ellos tiene una serie de características propias deducidas de las propiedades de reflexión diferenciada (albedo) ,que presentan los distintos elementos que componen el espacio geográfico.

2.4.1.- DATOS DE PERCEPCION REMOTA EN EL SIG

La información generada por la percepción remota, posibilita el análisis de relaciones espaciales a través de métodos matemáticos que permiten poner de manifiesto la existencia de patrones de comportamiento de cada pixel de una imagen o de un sector de ella. Al mismo tiempo permite una gran resolución espacial lo que conlleva posibilitar la diferenciación de macroespacios. Otra de las propiedades de esta técnica de captación de información es que se pueden localizar con exactitud sobre el terreno en el cual fue captada la imagen. Por último ofrece también características espacio temporales que permiten el monitoreo de la evolución de eventos en es espacio a través del tiempo.

En cuanto a los atributos de los datos provenientes de sensores remotos, de utilidad para un SIG, se pueden enumerar de la siguiente manera :

- a.- Posición ventajosa Única.
- b.- Visión sinóptica.
- c.- Grabación permanente (y periódica).
- d.- Información extravisual (espectral)
- e.- Base espacial geográfica.

Respecto de las ventajas de la inclusión de esta información en un SIG se pueden destacar las siguientes:

- a.- Datos en formato digital con estructura de grilla.
- b.- Cada celda o pixel (unidad básica de análisis) puede ser procesada individualmente.
- c.- Permite la aplicación de funciones matemáticas complejas de proceso y pueden ser iterativas (aplicaciones de filtros matemáticos, agrupaciones, determinación de distancias taxonómicas, etc...).
- d.- Favorece el proceso simultáneo de grandes volúmenes de datos.
- e.- En análisis de áreas extensas posibilitan la reducción de costos comparativos.
- f.- Con esta técnica se puede contar con actualizaciones periódicas de las características de cada celda.

Resumiendo, existen básicamente dos métodos para identificar la localización de la información espacial. El primero a través de coordenadas x,y (latitud y longitud) o i,j (fila y columna). El segundo, aquel que se base en la topología y sus elementos esenciales (nodos, segmentos de líneas y polígonos adyacentes).

IV.- DISEÑO ESQUEMATICO DE UN SIG

Adentrarse en el diseño de un SIG, es un tema bastante árido y complejo, por tal razón el tema será desarrollado con apoyo de diagramas, sobre los cuales se realizarán algunos comentarios aclaratorios en casos necesarios.

1.- COMPONENTES LOGICOS DE UN SIG.

Los SIG como se muestra en el diagrama 1, son sistemas y como tales, se estructuran mediante relaciones articuladas con elementos sistémicos más pequeños, que se denominan Subsistemas. En general un SIG esta integrado por tres subsistemas, como se muestra en el diagrama.

- Subsistema para el proceso de información no-gráfica.
- Subsistema para el proceso de información gráfica.
- Subsistemas de apoyo y control.

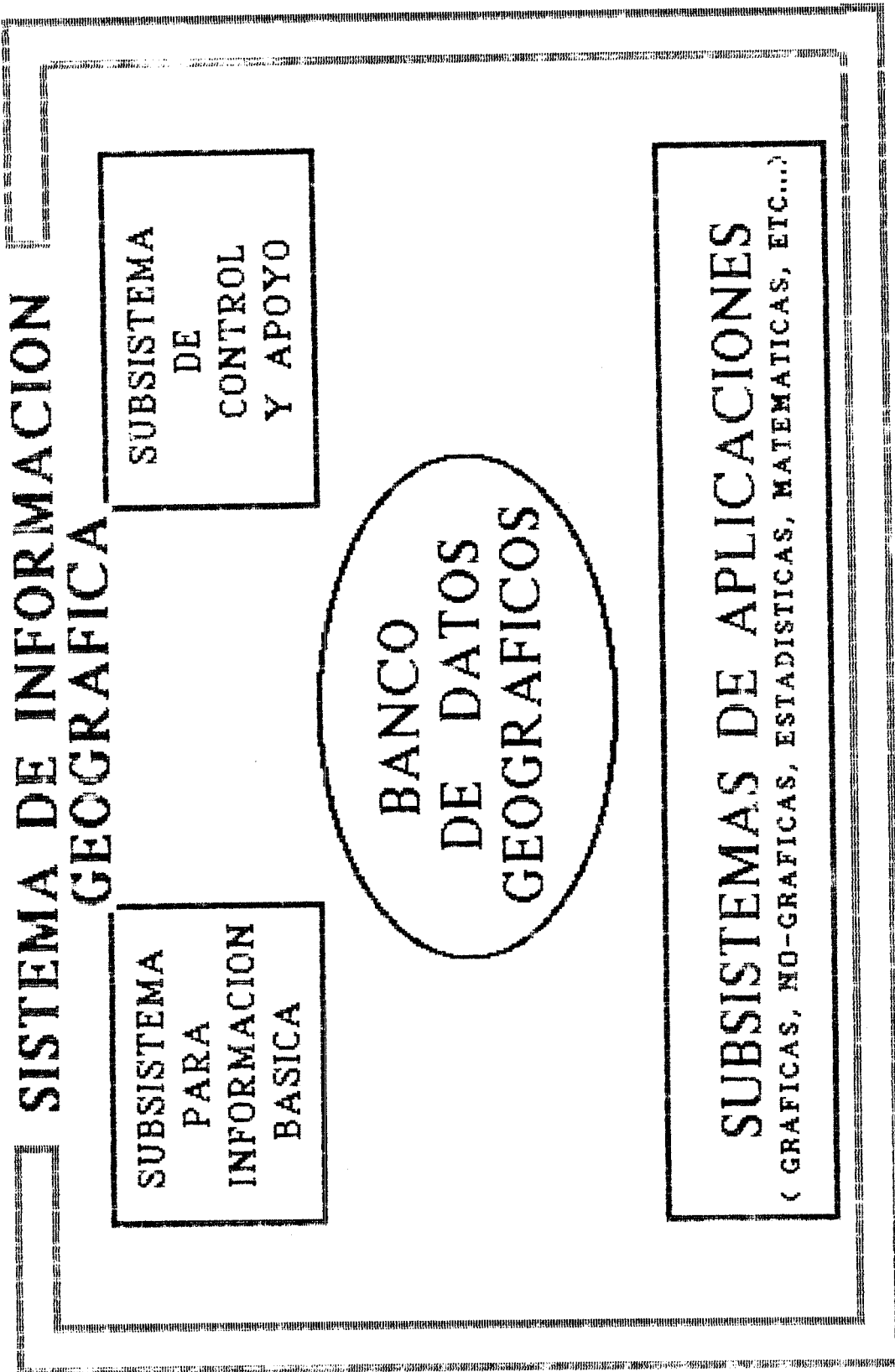
Todos estos subsistemas, cobran vida al actuar sobre la información, que es almacenada en los llamados bancos de datos. La concepción de un banco de datos va más allá de un mero conjunto de archivos digitales organizados óptimamente, ya que como muestra el diagrama 2, en ellos es posible incluir variadas formas de almacenamiento y compactación de la información. En él pueden incluirse además de archivos de datos digitales, archivos analógicos, centros y redes de documentación, etc...

2.- COMPONENTES FISICOS DE UN SIG.

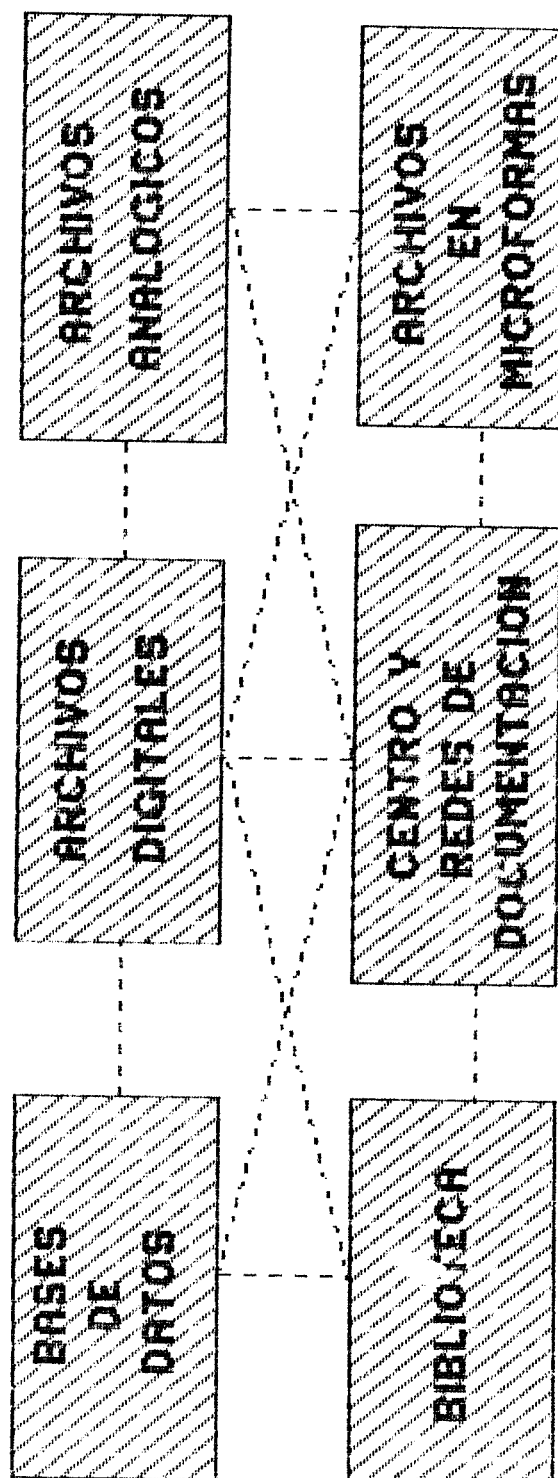
El diagrama 3, pone de manifiesto la concurrencia de múltiples tecnologías para dar forma física a un sistema de este tipo. En el diagrama destaca la unidad de procesamiento que se sitúa entre el equipamiento para ingresar información y el correspondiente destinado a la visualización. Este esquema resalta la potencialidad que se requiere en el computador para poder, controlar y comunicar el resto del instrumental que actúa como periféricos.

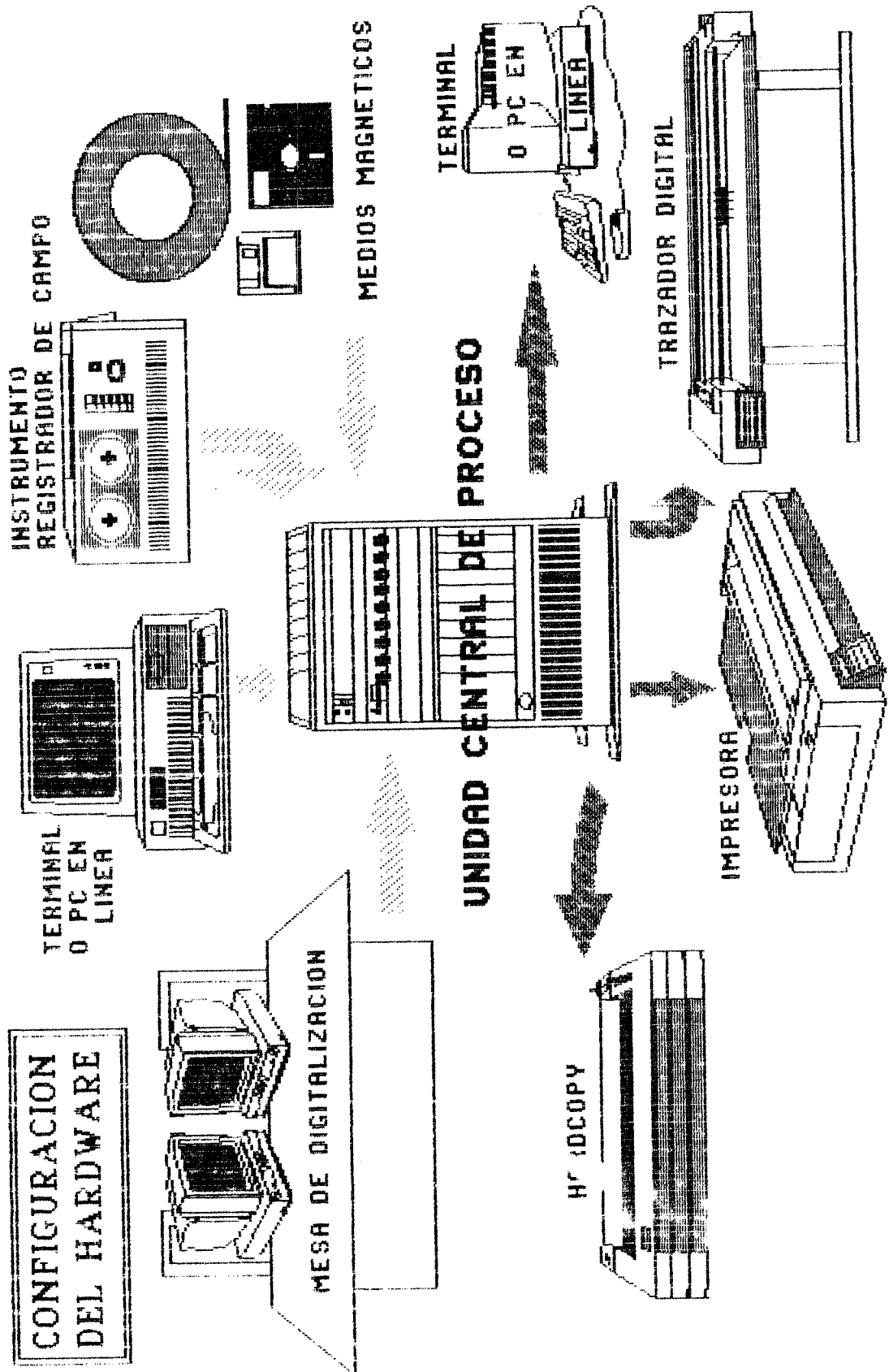
3.- COMPONENTES FUNCIONALES DE UN SIG

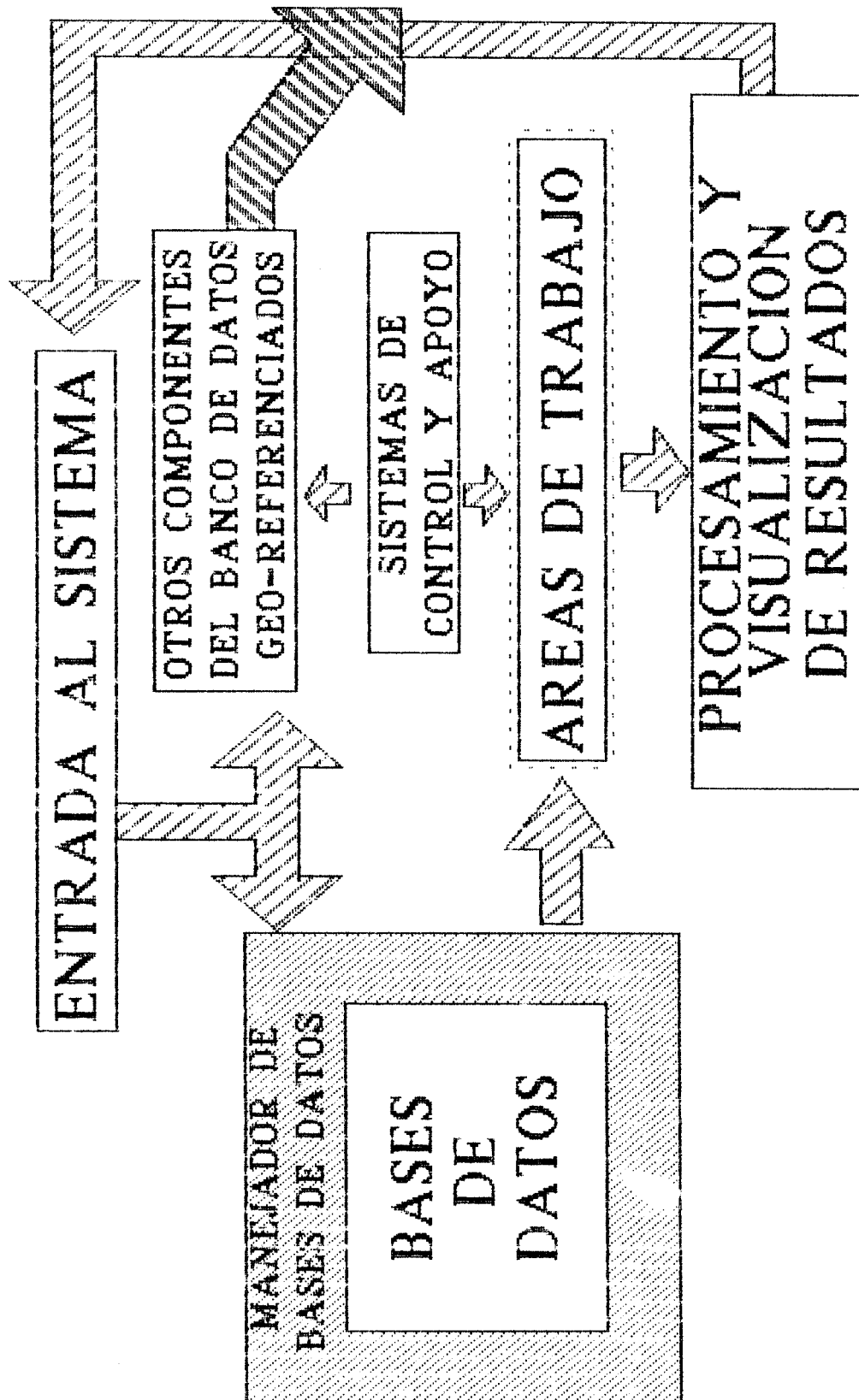
El diagrama 4, se presenta para evidenciar aspectos funcionales elementales de un SIG. En primer término, se destaca un elemento nuevo que se denomina Area de Trabajo. Esto implica que el común de los usuarios del sistema no pueden, ni deben, tener acceso a las bases de



BANCO DE DATOS GEO-REFERENCIADOS







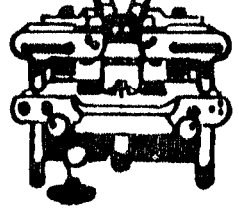
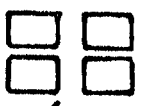
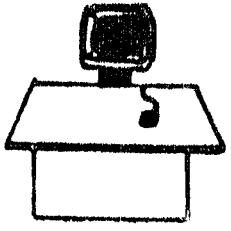
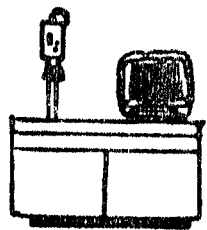
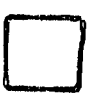
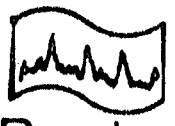
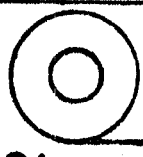
datos digitales en forma directa, sino que a través de procesos de administración de Bases de Datos, que son los únicos autorizados a intervenir en las bases originales digitadas. Las áreas de trabajo son unidades magnéticas en las que el administrador, a petición del usuario, genera los archivos con la información requerida. Esto impide que por error o en forma involuntaria un usuario pueda destruir una o más bases de datos, evitando así las pérdidas que aquello provocaría.

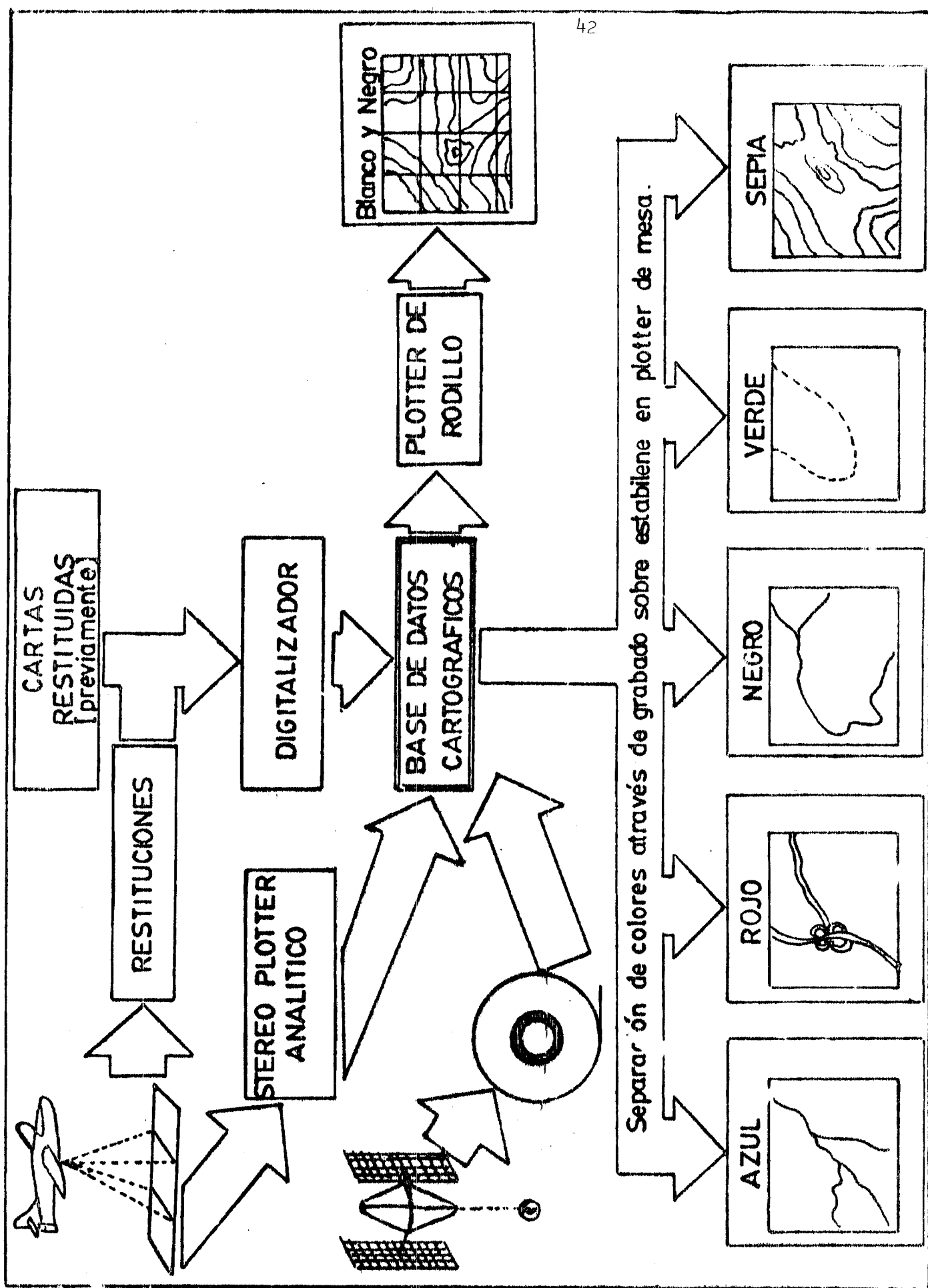
4.- COMPONENTES DEL FLUJO DE INFORMACION EN UN SIG

El diagrama 5, se refiere a las formas ya vistas de información geográfica, confrontándolas con los formatos físicos que puede adquirir ésta al momento de ingresar al SIG, y al mismo tiempo, retoma algunos equipos que intervienen en el proceso de inclusión en el sistema.

El diagrama 6, presenta una variación de los SIG con orientación hacia la producción cartográfica regular. En él se puede observar con mayor nitidez el flujo de información desde su ingreso hasta, la impresión de producto final.

ENTRADA DE DATOS

TIPOS	FUENTES	MEDIOS
 Punto	 Aerofotos	Restituidor 
 Línea	 Imágenes	 Digitalizador
 Polígono	 Mapas	 Densitómetro
 Celda	 Bandas	 Terminal
 Atributo	 Cintas	 
	 Inf. de terreno	Microformas
	 Textos	



V.- APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA SIG AL ANALISIS TERRITORIAL.

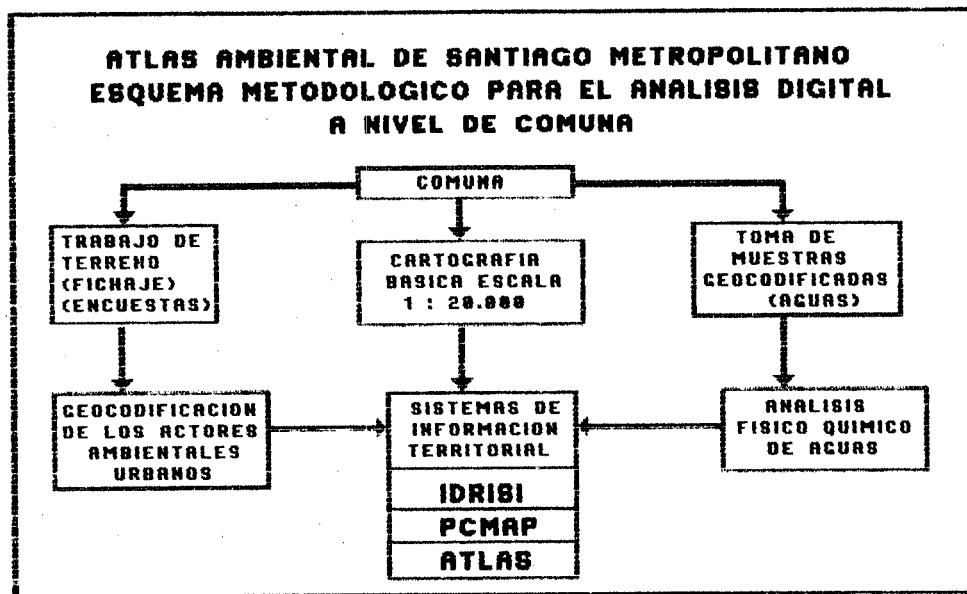
Las aplicaciones que se presentan a continuación, si bien son resultados de análisis de información geográfica, ellas se ven afectadas por limitaciones de tipo técnico, por haber sido desarrolladas con equipos y sistemas pequeños.

Los ejemplos que se acompañan han sido extractados del Atlas Ambiental de Santiago Metropolitano, que se encuentra en proceso de elaboración.

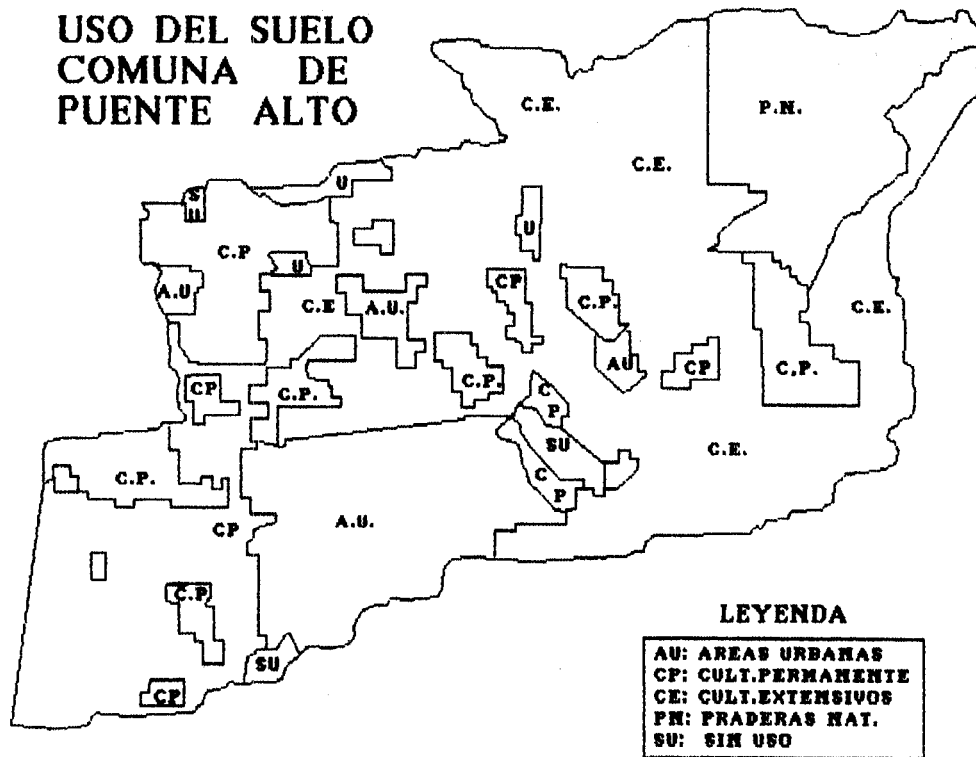
Por esa razón se presenta el esquema metodológico sobre el cual descansa la concepción de las aplicaciones de la tecnología SIG, que en esta oportunidad está referida al procesamiento de dos comunas del Gran Santiago, la primera corresponde a una comuna que mantiene aún una fuerte actividad agrícola, como es Puente Alto y la segunda a una netamente urbana, como es el caso de la comuna de Estación Central.

Las realidades encontradas en ambas comunas son muy diferentes, sin embargo la tecnología SIG, se ha manifestado como un excelente instrumento de análisis territorial en la detección de problemas subyacentes, en las posibilidades de combinación de planos de información y en las posibilidades claras de intervención del espacio a través de los instrumentos de la planificación.

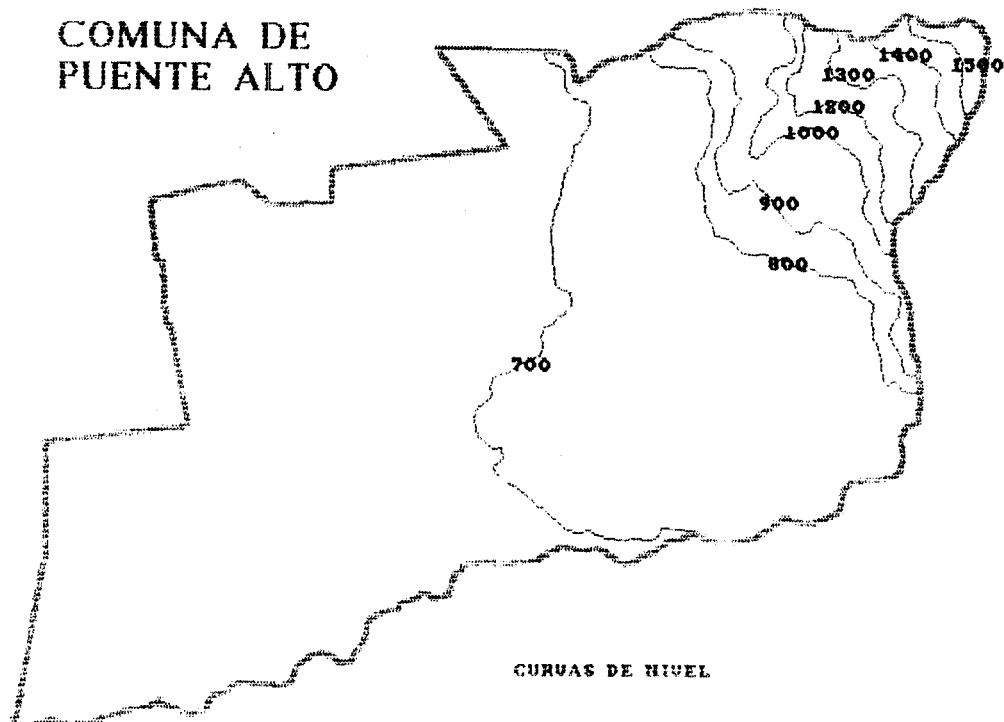
Los ejemplos que se acompañan hablan por si solos de manera que, a través de este documento, quedan abiertos a los comentarios y opiniones de quienes los observen.



USO DEL SUELO COMUNA DE PUENTE ALTO



COMUNA DE PUENTE ALTO



COMUNA DE PUENTE ALTO



- 1 HOSPITAL SOTERO DEL RIO
- 2 EMOS LAS UIZCACHAS
- 3 C.M.P.C.
- 4 CIA. IND. EL VOLCAN
- 5 TEXTIL VICTORIA
- 6 PAPEL TISSUE
- 7 INDUSAC
- 8 MATADERO RAMKIL LTDA.
- 9 MOLINERA
- 10-11 LADRILLERAS
- 12 CEMENTERIO DE PTE. ALTO
- 13 SANATORIO EL PERAL
- 14 EXTRACCION DE ARIDOS

ATLAS AMBIENTAL COMUNAL

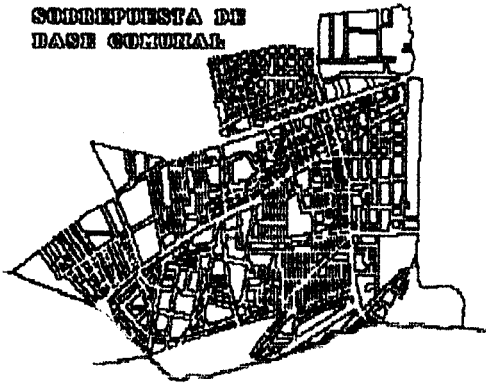
COMUNA DE ESTACION CENTRAL

(DESARROLLADO CON EL SISTEMA IDRISI)

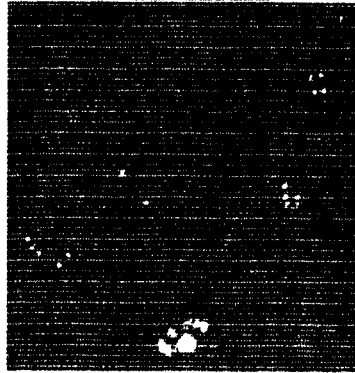


**TECNICA DE SOBREPUESTAS
SISTEMA DE INFORMACION TERRITORIAL**

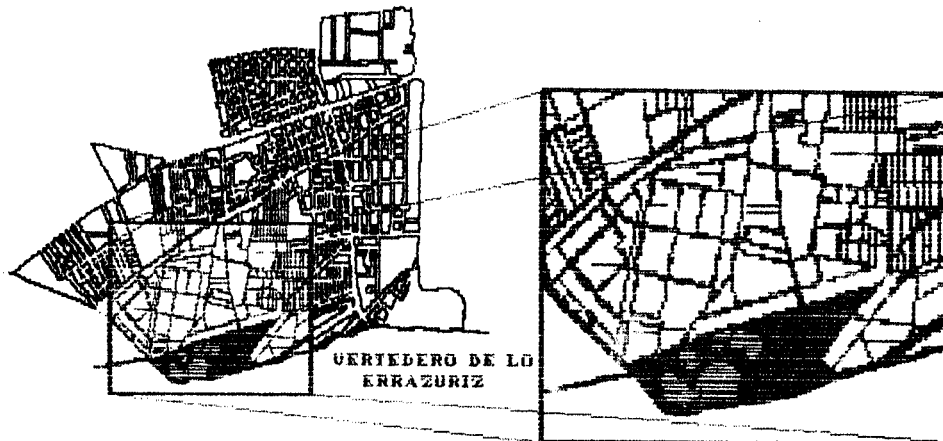
**SOBREPUESTA DE
BASE GENERAL**



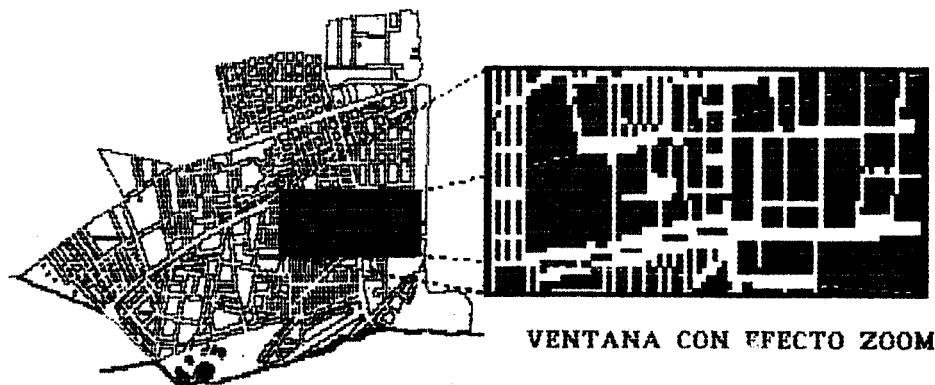
**SOBREPUESTA DE SITIOS
ERRAZURIZ Y VERTEDERO DE
LO ERRAZURIZ**



**DETALLE DEL VERTEDERO DE
LO ERRAZURIZ**



CARTOGRAFIA DE SOBREPUESTAS DIGITALES
LOCALIZACION DE SITIOS ENRIAZOS E INDUSTRIAS



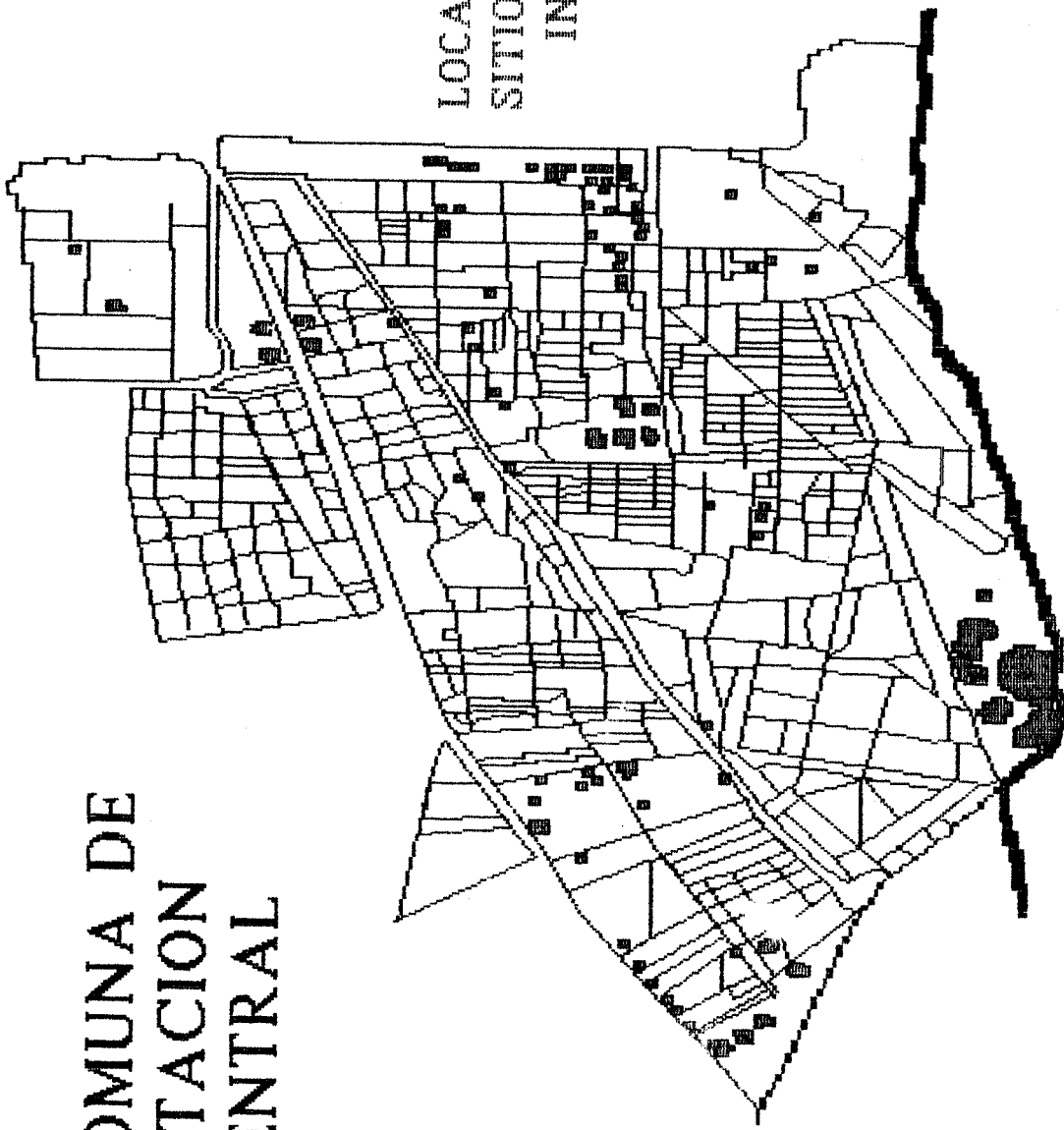
**COMUNA DE
ESTACION
CENTRAL**



BASE COMUNAL

COMUNA DE ESTACION CENTRAL

LOCALIZACION DE SITIOS ERIAZOS E INDUSTRIAS



VI.- CONCLUSIONES

El avance tecnológico en el área de la sistematización, del almacenamiento, proceso y comunicación de información, viene a aportar los medios necesarios para profundizar con bases sólidas, en el conocimiento y evaluación del territorio. Su utilización en inventarios del patrimonio nacional tanto en su aspecto natural como cultural, así como la contabilidad patrimonial, es hoy una necesidad y más aún, un desafío obligado que deben enfrentar todos los países en su camino hacia el desarrollo.

Este hecho, más allá de los Sistemas de Información, implica un tomar conciencia de la complejidad de las estructuras espaciales sobre las cuales se sustenta nuestro progreso social y económico. El futuro no espera, las generaciones se suceden rápidamente, y las intervenciones que hoy se lleven a cabo en el territorio, podrán ser juzgadas por aquellos que vendrán. Por lo tanto, la misión que hoy asiste a esta generación, cual es lograr siempre mejores niveles de calidad de vida, debe ser realizada con serios fundamentos científicos con respeto al patrimonio natural y cultural, del cual todos los pueblos se enorgullecen. En el logro de este objetivo, se evidencia la necesidad de recurrir a todas las posibilidades técnicas que hoy ofrece la ciencia y la tecnología, para ponerlas al servicio del desarrollo de las naciones.

La técnica SIG, de costos aún elevados, permite adentrarse en el conocimiento y evaluación de nuestras potencialidades patrimoniales de una manera más globalizante, lo que en definitiva se puede traducir en un poder de negociación de gran fuerza con respecto a las naciones usuarias de nuestras riquezas. Aquí radica la justificación de la incorporación de los SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA, en el proceso de evaluación integral de nuestros patrimonios.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- BORCOSQUE J.L. PROPOSICION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA, PARA LA DIRECCION GENERAL DE INFORMACION E INVESTIGACION DEL AMBIENTE DEL MARNR. CARACAS VENEZUELA.
- BORCOSQUE J.L. APLICACIONES COMPUTACIONALES EN EL PROCESO ANALISIS REGIONAL. UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.
- BORCOSQUE J.L. INFORME DE AVANCE DEL PROYECTO "ATLAS AMBIENTAL DE SANTIAGO METROPOLITANO". UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.
- BORCOSQUE J.L. APLICACIONES COMPUTACIONALES EN EL ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES DEL ZANJON DE LA AGUADA.
- CARTER J. SAS/GRAPH MAPPING CAPABILITIES AND CARTOGRAPHIC EDUCATION. KNOXVILLE, TENNESSEE. USA.
- DAVIS A.& PEET F. THE IDENTIFICATION AND RECLASSIFICATION OF SMALL REGIONS ON DIGITAL TEMATIC MAPS FOREST MANAGEMENT INSTITUTE. OTTAWA, ONTARIO. CANADA.
- IBM GRAPHICAL DATA DISPLAY MANAGER PRESENTATION GRAPHICS FEATURE. WHITE PLAINS, NEW YORK. USA.
- KVAMME K. COMPUTER PROCESSING TECHNIQUES FOR REGIONAL MODELING OF ARCHAEOLOGICAL SITE LOCATIONS. ARIZONA STATE UNIVERSITY. USA.
- MONMONIER M. MAPS, DISTORTION AND J. ANING. WASHINTON D.C. USA.
- DIVERSOS MANUALES DE SISTEMAS.