

# **1 Diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica**

## **1.1 Ciencias y técnicas asociadas a los SIGs**

Las tecnologías geoespaciales se han desarrollado en las últimas décadas, lideradas por los sistemas de información geográfica e influenciando a otras tecnologías, como el mejoramiento de las bases de datos espaciales, su administración, así como su representación, (Thurston et al, 2003).

La historia de los sistemas de información geográfica es relativamente corta, empezó a finales de los 50s con algunos topógrafos y geógrafos tratando de repetir métodos manuales en una computadora. Para finales de los 60s, varias agencias de gobierno y algunas universidades (principalmente de Estados Unidos y Canadá), desarrollaron sus propios sistemas en computadoras del tipo mainframe. Los primeros sistemas comerciales estuvieron disponibles a mediados de los 70s y a principios de los 80s aparecieron las versiones para mini-computadoras. Fue en esa época que los sistemas comerciales se robustecieron con el manejo intensivo de bases de datos asociadas. Los sistemas aparecieron en PC en los años 90s y para finales de esa década se establecieron los estándares entre las grandes empresas para lograr el intercambio de datos y el funcionamiento en conjunto de los sistemas (Thurston et al, 2003).

Los SIE, manejan la ubicación de objetos en el espacio, por lo que sus cimientos se refieren directamente a la geografía. Otras ciencias como la topografía, también son base importante de los sistemas para una georreferencia precisa de los objetos. Las ciencias de la computación quedan involucradas al haber adaptado las innovaciones de las tecnologías de la información, para un manejo cada vez más fácil de los mapas, las imágenes y las bases de datos asociados a los objetos referenciados en el SIE.

Un sistema de información geográfica confiere a cada elemento una localización, sin embargo, los datos geográficos poseen un contenido más complejo. Pueden

asociarse a los elementos características de distribución, estado y evolución en el tiempo. (Santos Preciado et al., 2008).

Es un hecho que el 80% de los objetos almacenados en una base de datos, tienen al menos un componente de índole espacial. El desarrollo y evolución de los SIG permite que esos componentes espaciales puedan ser analizados para explotar otras características que en el pasado no habían sido consideradas. Es así que en la actualidad se puede observar el uso extensivo de estos sistemas en áreas tan dispares, como la investigación forestal y la mercadotecnia.

Cabe hacer notar dos áreas de conocimiento y desarrollo tecnológico que están íntimamente ligadas y forman parte de los SIE: Los sistemas de geoposicionamiento y el análisis de imágenes de sensores remotos. Estas dos áreas son una fuente muy importante de alimentación de datos al SIE.

### **Sistemas de Geoposicionamiento**

Los sistemas de geoposicionamiento permiten, mediante constelaciones de satélites artificiales de órbitas bien definidas, enviar señales de localización precisa hacia la superficie terrestre. El complemento del sistema son los aparatos receptores de esas señales. El uso de relojes atómicos muy precisos hace que, los satélites emisores, en conjunto con los aparatos receptores, puedan conocer el tiempo que transcurrió desde la salida de la señal del satélite hasta el momento de recepción. Se conoce por otra parte la velocidad de la señal, por lo que se conoce fácilmente la distancia entre el emisor y el receptor. Con tener la señal de 3 satélites y por tanto la distancia a cada uno de ellos, se determina la posición del receptor en el espacio. La señal de un cuarto satélite es recomendada para mayor precisión, así como tener de preferencia la señal de satélites no alineados, pero eso lo determina automáticamente el aparato receptor. El sistema de posicionamiento global GPS más usado en México, es el NAVSTAR-GPS (NAVigation System Time and Ranging Global Positioning System) operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. Este sistema está en plena operación desde abril de 1995. La Federación Rusa tiene su propio

sistema de posicionamiento por satélites llamado GLONASS; la Unión Europea está desarrollando el sistema Galileo, mientras que la República Popular China desarrolla el sistema Beidou.

Mientras que en sus inicios, el sistema estaba dedicado únicamente a usos militares, actualmente la señal es abierta a usos comerciales. Tanto así, que es común que los nuevos aparatos celulares ya cuenten con la localización a partir de la señal GPS.

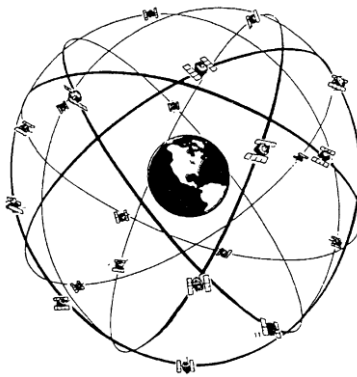


Figura 1.- Imagen conceptual del NAVSTAR-GPS (US Air Force)

### **Análisis de imágenes de sensores remotos (Percepción Remota)**

La calidad de los resultados que se obtienen de un SIE, depende en gran parte de la calidad de la información geográfica con que fue alimentado. Así mismo, la precisión del sistema depende de la precisión de los datos alimentados.

Una fuente de información de los rasgos o elementos que se encuentran sobre la superficie terrestre, son las imágenes digitales adquiridas por sensores remotos satelitales o aerotransportados, comúnmente conocidas como “imágenes de satélite”. Si bien pareciera que en lo básico son “fotografías” de la superficie de la Tierra. Las imágenes de satélite representan una riqueza considerable de datos. Los sensores remotos, que son los dispositivos que capturan las ondas del espectro electromagnético reflejado sobre la superficie de los cuerpos, son calibrados para recibir determinado intervalo de dicho espectro, por lo que, no sólo se capta la parte visible de éste, sino que se puede tener información desde la micro-onda hasta el infrarrojo; intervalos que el ojo humano no capta pero que

contienen información que puede ser analizada e interpretada para la determinación de los elementos que reflejan dicha frecuencia de onda.

Incluso, existen sensores remotos especializados en ondas de radar, en cuyo caso, es el mismo transportador (satélite o avión) quien lleva la fuente de emisión de las ondas y un receptor en el mismo transportador detecta el reflejo de las señales.

La evolución de las tecnologías permite que en la actualidad se tenga una oferta muy grande en el mercado de imágenes digitales de sensores remotos. Además, cada vez se mejora la resolución de dichas imágenes, mientras que hace 20 años, se hablaba de resoluciones máximas de pixel del orden de los 10 x 10 m<sup>2</sup>, hoy se pueden adquirir imágenes con resoluciones del orden menores al metro, como las de las plataformas QuickBird 2, Ikonos 2 y OrbView 3.

El análisis digital de las imágenes de sensores remotos, (también conocida como Percepción Remota o PR), permite obtener información más o menos precisa de amplias regiones de la superficie terrestre. La superficie que es captada (o censada) es dividida en rectángulos, denominados escenas, que constituyen una matriz de datos en la que cada pixel o celda, definida por una coordenada (columna, renglón) guarda un dato que define la respuesta espectral de ese punto en el intervalo calibrado. Los valores van de 0 a 255.

Las imágenes de satélite multi-espectrales, se refieren a imágenes que fueron adquiridas al mismo tiempo por varios sensores; cada sensor adquirió la misma matriz, pero en un intervalo del espectro distinto. De esta manera se tienen varias matrices de datos referentes a la misma escena de la superficie terrestre. El manejo matemático de las matrices de datos permite la extracción de información para diferenciar los elementos presentes en la escena, este proceso es conocido como clasificación de la imagen.

La clasificación puede llevarse a cabo con alimentación de datos de campo, lo que se denomina clasificación supervisada o sin los datos directos de campo, conocido como clasificación no supervisada. Dado que el trabajo de campo puede significar costos adicionales, e incluso, representar una situación imposible por las

condiciones del terreno, es importante el desarrollo de metodologías que permitan la clasificación no supervisada. En la segunda parte de este informe, se presenta una metodología propuesta para la segmentación cuerpos de agua a partir de imágenes multiespectrales.

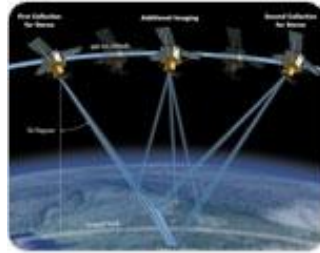


Figura 2.- Adquisición de imágenes por medio de sensores remotos portados en satélites.  
(Geoeye)

## 1.2 Componentes de un Sistema de Información Espacial

### Datos

Los componentes básicos de un SIG, son los datos geográficos y estos pueden ser de tipo vector y raster. Los datos vectoriales son definidos por una serie de puntos que determinan líneas representativas de elementos físicos como pueden ser: fronteras, calles, líneas de transmisión, rutas, límites litológicos, fallas, entre otros. Mientras que los datos raster, son matrices ubicadas en el espacio y que representan coberturas en la superficie del área mapeada como son: suelos, litología, rodales forestales, siembras, zonas urbanas, cuerpos de agua, nieve, nubes, entre otros.

El otro componente son los datos asociados a cada elemento representado en el entorno espacial. Por ejemplo, con respecto al elemento falla geológica, se tendrán por un lado, los datos gráficos y geométricos del propio vector: coordenadas, longitud, dirección, tipo de línea, color de línea, entre otros; y los

datos contextuales como pueden ser: nombre, ubicación, dirección, buzamiento, contactos de roca, entre otros. Con respecto a otros datos que se usarán en el SIE, se debe tomar en cuenta si se usarán datos provenientes de GPS o de PR.

### **Metadatos**

En sistemas de información se maneja el concepto de metadato, que en su definición más básica es “los datos de los datos”. Es una manera de estandarizar y hacer más fácil el entendimiento de lo que se guarda como “datos”.

Con respecto a los datos geográficos, estos son normalmente generados por personas distintas a las que los usan. Lo que se pretende con un metadato es documentar de manera apropiada el contenido de los datos para proporcionar un conocimiento claro, que permita un mejor manejo de la producción, almacenamiento, actualización y reutilización de los datos. No es indispensable su uso pero sí, muy recomendable en el caso de los SIE.

### **Software**

Existe software en el mercado denominados SIG o SIE que permiten adquirir, importar, almacenar, desplegar, analizar, seleccionar, información geográfica y sus atributos asociados. Algunos son de uso genérico y otros de uso más especializado. Por decir algo, algunas herramientas son más especializadas en el manejo de datos tipo vector, mientras que otras se especializan en el manejo de datos raster. La mayoría se han convertido en herramientas modulares que ofrecen en diferentes aplicaciones, diferentes funcionalidades. Además, casi todos los fabricantes ofrecen Kits de desarrollo (Software Development Kits SDK) que permiten que los usuarios puedan desarrollar sus aplicaciones en los lenguajes de desarrollo más comunes e incluso aplicaciones web, y desde estas aplicaciones hacer “llamadas” a rutinas especializadas en el manejo de datos espaciales, de manera que la aplicación del usuario pueda manejar ambientes geográficos dentro de sus desarrollos propios.

Por lo que se refiere a datos GPS, la mayoría de los sistemas del mercado tienen la capacidad de importar de manera sencilla los datos adquiridos mediante GPS; mientras que, por lo que respecta a la percepción remota, existen herramientas muy especializadas en el análisis digital de imágenes, cuyos resultados se pueden incorporar de manera sencilla a los SIE.

### **1.3 Diseño de un Sistema de Información Espacial de uso específico**

#### **Análisis de necesidades**

Como en todo sistema, antes de iniciar el diseño es necesario hacer un buen análisis de necesidades. Para ello se requiere:

- Tomar en cuenta las necesidades de la institución u organización.
  - ¿Para qué se requiere el SIE en los objetivos y metas de la organización?
  - ¿Quién es el usuario final?, que no necesariamente es el operador del sistema.
  - ¿Para qué lo quiere el usuario final?
- Dentro de la operación de la organización, entender y planear cómo va a operar el SIE de manera coordinada con los procedimientos pre-existentes.

#### **Diseño**

Una vez que se realizó el análisis de necesidades, entonces se procede a realizar el diseño con base en las necesidades específicas de la organización, el usuario final y los requerimientos provenientes de los procedimientos de operación de la organización; como parte de este diseño se deben determinar:

**Insumos.-** ¿Qué datos se van a alimentar al sistema y los procedimientos para llevarlo a cabo?

**Procesos.**- ¿Qué debe hacer el sistema con los datos que le fueron alimentados y la descripción detallada del producto que debe salir de cada proceso? Se describirán tantos procesos como sean necesarios y de manera lógica se pueden ir agrupando en módulos.

**Reportes.**- ¿Qué reportes se deben obtener del Sistema? Su descripción detallada en contenido y formatos. En este rubro se incluyen los mapas y cartas que deben generarse como reporte.

### **Diseño gráfico y ergonómico**

No sólo es importante la funcionalidad del sistema. Es necesario incluir un diseño gráfico que haga fácil y agradable trabajar con el sistema, por lo que es muy recomendable que un especialista en la materia diseñe las pantallas y los menús de usuario final, para un manejo eficiente y efectivo del sistema.

## **1.4 Implantación de un SIG**

### **Desarrollo de aplicaciones específicas**

Como se mencionó con anterioridad, los fabricantes de software del tipo Sistema de Información Espacial, venden aplicaciones “de caja” con una serie de funcionalidades que pueden satisfacer las necesidades de un usuario para un proyecto en particular, sobre todo si se trata de proyectos de investigación o manejo genérico de información espacial. Sin embargo, cuando se trata de Sistemas de Información Espacial de uso específico, es recomendable contratar o desarrollar las aplicaciones específicas a partir de los Software Development Kits (SDK), para obtener exclusivamente las funcionalidades requeridas para la aplicación específica y ninguna otra adicional. Esto tiene sus ventajas:

- El usuario no va a tener la tentación ni la posibilidad de modificar la información geográfica existente. Sólo podrá realizar las tareas que le fueron asignadas y autorizadas dentro del sistema.



- Abate los costos dado que, en general, las licencias para usuario final de los desarrollos por medio del SDK, son más baratas que las licencias de “caja”.

### **Herramientas de administración del sistema**

Por otra parte, es necesario considerar que una persona o un grupo de personas con conocimientos avanzados en Sistemas de Información Espacial sean los encargados de administrar el sistema y de actualizar las bases de datos geográficas. Para esto, será necesario contar con software especializado en Sistemas de Información Espacial, y según las necesidades en GPS y PR. En este caso sí es conveniente tener software de “caja” y probablemente de diferentes fabricantes para cumplir con las actividades de administración y actualización del sistema.

### **Capacitación**

Es necesario planear la capacitación del personal que va a operar el sistema. Se debe definir el perfil de los operadores del sistema, lo cual incluye capacidades y conocimientos previos. Es obvio el requerimiento que ya sepan usar los equipos de cómputo y de acuerdo a la aplicación, se requerirán conocimientos en las áreas de aplicación a las que va a apoyar el uso del SIE.

La capacitación debe llevarse a cabo dentro de las dos semanas antes de la puesta en marcha de la aplicación para garantizar que los conocimientos adquiridos estén frescos y el sistema pueda entrar en plena operación lo antes posible.

### **Instalación y puesta a punto**

Ya sea por contratación o desarrollo interno, se debe cuidar que las pruebas finales cumplan con todo lo estipulado en el diseño. Una vez pasadas las pruebas,

se deberá verificar que los sistemas queden funcionando tanto en configuración de equipo aislado (stand alone), como en la red integral de la organización.

## **Mantenimiento**

Una vez que el sistema esté puesto en punto y operando, se inicia inmediatamente el proceso de mantenimiento. Una parte del mantenimiento será corregir todas aquellas fallas de programación (bugs) que puedan presentar, pero también el mantenimiento más importante se refiere a un análisis continuo de la operación y los procesos para determinar las áreas de oportunidad de mejora continua.