

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EL CATASTRO Y LA TECNOLOGÍA MODERNA**

HÉCTOR RAFAEL TERCERO PEREIRA

Guatemala

2007

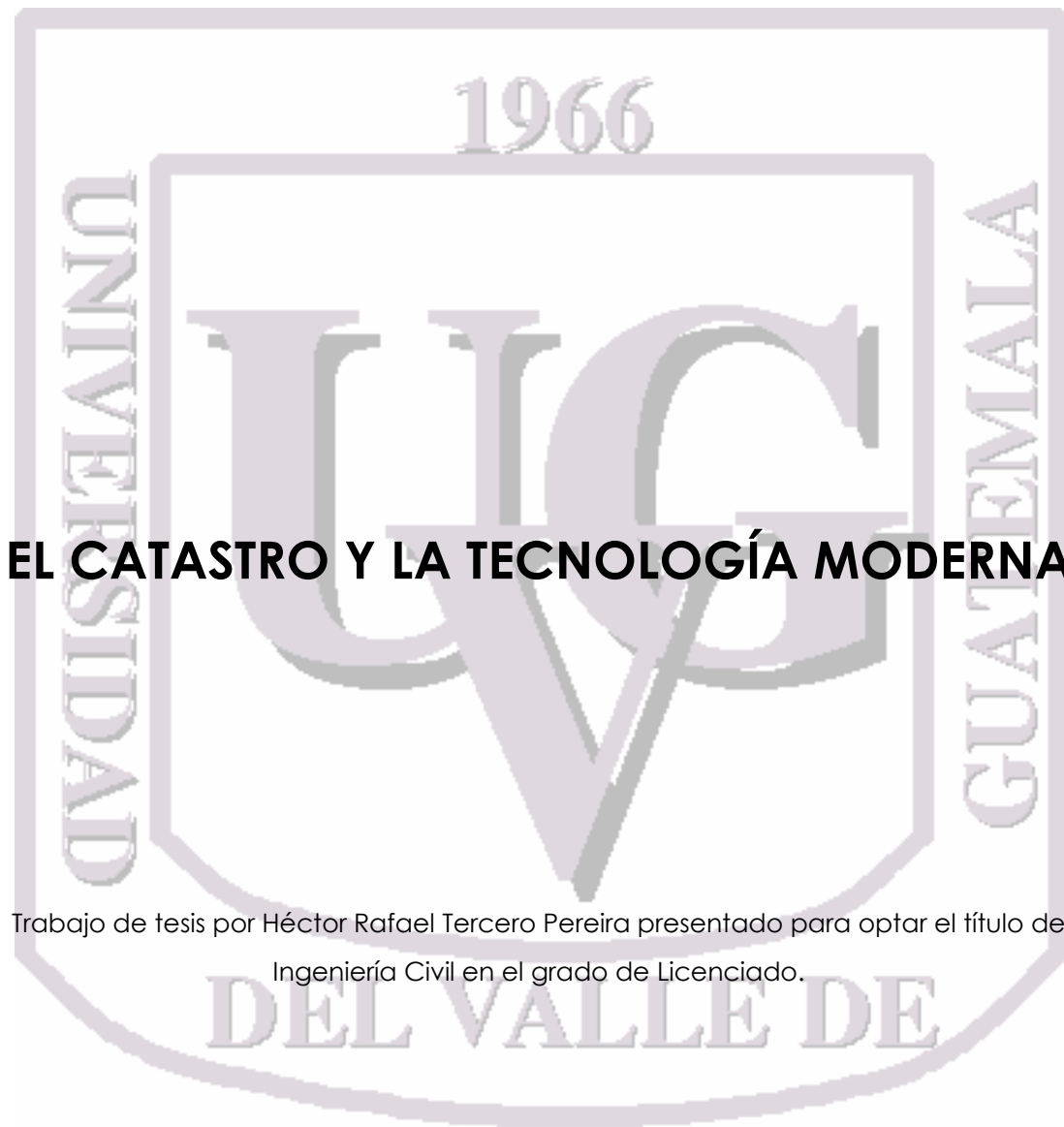


# **EL CATASTRO Y LA TECNOLOGÍA MODERNA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



## **EL CATASTRO Y LA TECNOLOGÍA MODERNA**

Trabajo de tesis por Héctor Rafael Tercero Pereira presentado para optar el título de  
Ingeniería Civil en el grado de Licenciado.

Guatemala

2007

# CONTENIDO

	<b># PÁGINA</b>
RESUMEN .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	4
IV. MARCO TEORICO .....	5
A. CATASTRO .....	5
1. DEFINICIÓN DE CATASTRO .....	5
2. CATASTRO NACIONAL GUATEMALTECO .....	5
3. EL CATASTRO COMO REGISTRO, INSTITUCIÓN Y PROCESO .....	5
4. FIN DEL CATASTRO .....	6
5. OBJETIVOS DEL CATASTRO .....	6
6. IMPORTANCIA DEL CATASTRO .....	6
7. APLICACIONES DEL CATASTRO .....	7
B. REGISTRO GENERAL DE LA PROPIEDAD .....	7
C. SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE LA TIERRA –SIT- .....	7
D. PROCESO CATASTRAL .....	8
1. ESTABLECIMIENTO CATASTRAL .....	8
a. LEVANTAMIENTO CATASTRAL .....	8
b. INVESTIGACION REGISTRAL .....	8
c. ANÁLISIS .....	8
d. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	8
2. MANTENIMIENTO CATASTRAL .....	8
3. ACTUALIZACIÓN CATASTRAL .....	9
E. MAPA .....	9
1. DEFINICION DE MAPA .....	9
2. TIPOS .....	10
a. MAPAS TOPOGRÁFICOS O GENERALES .....	10
b. MAPAS TEMÁTICOS O ESPECÍFICOS .....	10
F. ESCALA .....	11
1. MÉTODOS DE DAR ESCALA .....	11
a. EN PALABRAS .....	11

b.	EN ESCALA GRÁFICA .....	11
c.	POR UNA FRACCIÓN REPRESENTATIVA .....	12
G.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS .....	13
1.	LÍNEAS DE LATITUD Y LONGITUD .....	13
H.	PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA .....	14
1.	PROYECCIONES CILÍNDRICAS .....	15
a.	PROYECCIÓN DE MARCATOR .....	15
2.	PROYECCIONES ACIMUTALES .....	16
a.	PROYECCIÓN GNÓMONICA .....	16
b.	PROYECCIÓN ACIMUTAL EQUIVALENTE .....	16
c.	PROYECCIÓN EQUIDISTANTE .....	16
d.	PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA .....	16
e.	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA .....	16
3.	PROYECCIONES CÓNICAS .....	17
a.	PROYECCIÓN POLICÓNICA .....	17
I.	ZONA GTM o 15.5 .....	17
1.	OBJETIVOS .....	17
2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	18
J.	EL NACIMIENTO DE LA NUEVA CARTOGRAFÍA .....	18
K.	TOPOGRAFÍA .....	19
L.	TEODOLITO .....	20
1.	TEODOLITO SERIE TCR110 .....	21
2.	ESTACIÓN TOTAL .....	22
M.	LEICA SMARTSTATION .....	23
N.	TIPOS DE LEVANTAMIENTOS .....	24
1.	LEVANTAMIENTO GEODÉSICO .....	24
2.	LEVANTAMIENTOS CATASTRALES .....	24
3.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	24
4.	LEVANTAMIENTO DE PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA .	25
5.	LEVANTAMIENTOS CARTOGRÁFICOS Y CARTOGRAFÍA .....	25
6.	LEVANTAMIENTO GEODÉSICO MARÍTIMO .....	25
7.	LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE MINAS .....	26
O.	GEODESIA .....	26
1.	INSTRUMENTOS DE MEDIDA .....	26
2.	MEDIDAS EN EL PLANO .....	27

P.	FOTOGRAMETRÍA .....	28
	1. MODELO ESTEREOSCÓPICO .....	28
	a. CLASIFICACIÓN FOTOGRAMÉTRICA .....	28
	2. RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA .....	28
Q.	PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS .....	29
	1. FOTOGRAFÍA AÉREA .....	29
	2. FOTOGRAFÍA RECTIFICADA .....	29
	3. FOTOMOSAICOS .....	29
	4. ORTOFOTOS .....	29
	5. MAPA DIGITAL .....	29
	6. ORTOFOTO DIGITAL .....	29
R.	TOPOGRAFÍA PLANA .....	30
	1. PLANIMETRÍA O CONTROL HORIZONTAL .....	30
	2. ALTIMETRÍA O CONTROL VERTICAL .....	30
	3. PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA SIMULTÁNEAS .....	31
S.	OPERACIONES O ACTIVIDADES DEL TRABAJO TOPOGRÁFICO .....	31
	1. TRABAJO Y OPERACIONES DE CAMPO .....	31
	2. TRABAJO Y OPERACIONES DE OFICINA O GABINETE .....	32
T.	RECONOCIMIENTO AÉREO .....	32
U.	TELEDETECCIÓN .....	33
V.	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) .....	35
	1. HISTORIA Y DESARROLLO .....	35
	2. CARACTERÍSTICAS .....	36
	3. FUNCIONAMIENTO DEL GPS .....	36
	4. EL GPS HOY .....	37
W.	GPS 1200 .....	38
	1. LA MEJOR TECNOLOGÍA GPS Y RTK .....	38
	2. INTERFACE ESTANDARIZADO GPS/TP .....	38
	3. PROGRAMABLE POR EL USUARIO .....	38
	4. TOTALMENTE RESISTENTE AL AGUA, INCREÍBLEMENTE ROBUSTO .....	38
	5. TOTALMENTE VERSÁTIL .....	38
	6. PARA TODAS LAS APLICACIONES .....	38
X.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) .....	39
Y.	SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SNIG) .....	41
Z.	SATÉLITE ARTIFICIAL .....	42

AA.	IMAGEN SATELITAL .....	43
	1. PROGRAMAS DE AYUDA PARA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES .....	44
BB.	EL LANDSAT7 .....	45
	1. LA ÓRBITA DEL LANDSAT7 .....	45
	2. PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE EL LANDSAT7 Y EL LANDSAT 5 .....	46
	3. BANDAS ESPECTRALES Y RESOLUCION ESPACIAL .....	46
CC.	PRODUCTOS DE LANDSAT7 .....	47
	1. ORTOIMAGEN .....	47
	2. IMAGEN DE FUSIÓN (MERGE) .....	47
	3. FORMATOS Y SOPORTES EXISTENTES .....	48
DD.	EL SATÉLITE IKONOS .....	48
	1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SATÉLITE .....	49
EE.	PRODUCTOS IKONOS .....	50
	1. PANCROMÁTICA 1-METRO .....	50
	2. COLOR MULTIESPECTRAL 4-METROS .....	50
	3. PAN-SHARPENED .....	50
FF.	APLICACIONES Y VENTAJAS DE LAS IMÁGENES IKONOS .....	52
GG.	IMÁGENES IKONOS VRS. FOTOGRAFÍA AÉREA .....	53
HH.	RADARSAT .....	54
	1. EL SATÉLITE RADARSAT .....	54
	2. IMÁGENES DE RADAR .....	55
	3. ALCANCES DE LOS MODOS DEL HAZ .....	55
	4. CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES IMÁGENES .....	56
<b>V.</b>	DISCUSIÓN .....	58
	A. PROCESOS CATASTRALES CON MÉTODOS TRADICIONALES Y NUEVA TECNOLOGÍA .....	58
	1. EN GUATEMALA .....	59
<b>VI.</b>	CONCLUSIONES .....	61
	A. NIVELES QUE DEBERÍAN SER MANEJADOS EN EL CATASTRO .....	61
	B. GENERALIDADES .....	61
<b>VII.</b>	BIBLIOGRAFÍA .....	63

# RESUMEN

Actualmente no se tienen procedimientos técnicos y legales adecuados para garantizar la propiedad privada. El catastro dará certeza de la propiedad inmueble.

El catastro pretende básicamente tres cosas:

- a) Localizar e identificar físicamente una propiedad. La mayoría de inmuebles inscritos en el Registro de la Propiedad no poseen una identificación clara que permita ubicar con certeza la posición y localización de un bien. No se tienen regencias físicas inamovibles que permitan en cualquier tiempo y lugar, diferenciar un bien de otro. El catastro puede resolver esto.
- b) Asignarle al inmueble todos los atributos legales que le corresponden. Muchos propietarios no tienen documentos que amparen legalmente su propiedad.
- c) Darle un valor a los inmuebles. Se desconoce la mayoría de los valores y riqueza de la tierra. El catastro sirve para identificar los atributos de valor de la tierra.

El catastro emitirá certificaciones catastrales que contendrá toda la información catastral de un predio, misma que servirá para muchas funciones sociales, económicas y legales. Pero el catastro va más allá, debe ser integral y multipropósito, se debe considerar la promoción, capacitación y difusión. Para llegar a tener un catastro se deberá utilizar tecnología moderna.

Entre la tecnología moderna que puede ser aplicada al catastro se tiene:

- ✓ Teodolito TCR110 que es un instrumento topográfico para la medición de ángulos horizontales y verticales así como también se emplean para determinar distancias horizontales y verticales por estadía. Este teodolito posee plomada láser, compensador electrónico y medida de distancias mediante infrarrojos.
- ✓ Estación total con GPS similar al teodolito pero con extras a la toma de medidas, como una precisión angular de 1", almacenamiento de datos y sistema de GPS para determinar las coordenadas geográficas.
- ✓ Fotogrametría, ciencia desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías, tanto terrestres como aéreas, para realizar mapas topográficos y mediciones.

- ✓ Teledetección, técnica empleada para obtener información a distancia sobre objetos y zonas de la superficie de la Tierra, basada fundamentalmente en el análisis de imágenes obtenidas desde aeronaves y satélites.
- ✓ Sistema de Posicionamiento Global GPS, sistema de navegación basado en 24 satélites, que proporcionan posiciones en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas.
- ✓ Sistema Nacional de Información Geográfica SNIG, es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos especialmente georeferenciados, para facilitar información fiable, precisa, oportuna y de alta calidad de información geográfica integrada del país.
- ✓ Imagen satelital, imagen proveniente de lecturas de satélites, que se adquieren digitalmente. Existen diferentes satélites que proporcionan diferentes imágenes satelitales dependiendo de la precisión y/o trabajo que se necesite, como el Landsat 7, Ikonos, radarsat, etc.

Para la producción de catastro es necesario que la información sea obtenida en el menor tiempo posible, que sea fiable y con precisión aceptable. Es por eso que la aplicación de la tecnología moderna, puede ser la solución.

# I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala existe la necesidad y urgencia de un catastro para ordenar la tenencia de la tierra, establecer límites, identificar problemas de linderos, garantizar la certeza jurídica de la tenencia de la propiedad, proyectar soluciones para óptimo aprovechamiento, proyectar técnicamente crecimiento urbano, recaudación de impuestos y cumplir con acuerdos de paz. Por esto es de suma importancia el tema del catastro Nacional.

Actualmente se está iniciando la capacitación académica local especializada para preparar al ingeniero encargado de realizar el catastro. Con una mejor capacitación se pueden obtener mejores resultados y aprovechamiento de estos trabajos de catastro. El uso de tecnología "convencional" (fotografía aérea, planos cartográficos, ortofotos entre otros) para la elaboración de planos cartográficos y catastro, no poseen georeferencia global y actualización muy lenta.

En el mundo moderno hay tecnología de avanzada, utilizando imágenes satelitales, para obtención de información territorial como ocupación, uso entre otros. Por medio de software es posible producir cartografía y mapas catastrales, aparentemente mucho más rápido, de fácil actualización y económico.

Estas condiciones sugieren evaluar la conveniencia de explorar esta nueva tecnología.

La información utilizada en Guatemala proviene de cartografía no georeferenciada, y no actualizada. No existe un catastro Nacional debido a que, por los métodos convencionales y conocimientos no especializados en la materia, hacen que los valores de los contratos sean muy elevados y lentos.

En Guatemala se han empezado los proyectos pilotos para el catastro Nacional en varios municipios, en cumplimiento con los acuerdos de paz. En algunos municipios se está llevando a cabo el catastro, para la recolección del IUSI, al mismo tiempo que el gobierno central. Por esto se percibe duplicidad de esfuerzos.

Los métodos utilizados se han basado en aereofotogrametría, ortofoto convencional y recientemente en el sistema de posicionamiento global (GPS). Con la tecnología moderna es posible obtener imágenes satelitales, no importando las condiciones climatológicas, hasta con una resolución de 1 x 1 mts. Estas imágenes poseen gran cantidad de información que puede ser analizada, editada y transferida de un centro a otro por medio de softwares amigables.

Confeccionar cartografía a nivel predial, reconstruir una ciudad, servicios básicos como el agua y electricidad son entre otros datos que podrían ser manejados por un sistema catastral y además si es asociado en un Sistema de Información Geográfica (SIG), puede ser utilizado por más de una entidad si se requiere, donde pueden estar interconectados con el todos los organismos o instituciones que suministren y trabajen con información territorial, haciendo uso de una base de datos única para extraer y entrecruzar información de variadas fuentes.

## **II. OBJETIVOS**

1. Dar a conocer las generalidades del catastro y sus beneficios para Guatemala.
2. Dar a conocer nueva tecnología aplicable al catastro.
3. Identificar que tecnología puede ser aplicable a Guatemala.
4. Tratar de implementar un sistema útil aplicable a Guatemala.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Un país con más de 100 años de Registro de la Propiedad, pero que en realidad nadie puede definir con exactitud la verdadera situación de la propiedad, uso y tenencia de la tierra, ni en función de los objetos – ubicación, forma, dimensiones-, ni de los derechos sobre ellos y mucho menos en términos de quien tenga sobre ese objeto algún derecho registrado o no. A esto se agrega la confusión que existe en lo relativo a las definiciones de las delimitaciones políticas internas que son reflejo de la fuerte territorialidad indígena y campesina que tanta violencia ha generado por siglos.

No existe especialización en el área de catastro y Guatemala se ve en la necesidad de poder llevar a cabo el catastro Nacional (con diferentes propósitos). Lo poco que se está llevando a cabo es por medio de un sistema convencional mixto, sin conocer las ventajas o desventajas de éste.

La existencia de nueva tecnología, hace pensar en desarrollar este trabajo, para evaluar los sistemas y proponer una herramienta a los ingenieros que elaboran el Catastro. Con la finalidad de obtener una permanente actualización.

# IV. MARCO TEÓRICO

## A. CATASTRO

1. **DEFINICIÓN DE CATASTRO:** «El Catastro es un inventario público de datos sobre inmuebles dentro de un país o un determinado distrito, establecido sistemáticamente y basado en mediciones de sus linderos, así como identificados con ayuda de una designación de código específico. Los rasgos principales del inmueble y el código de identificación del inmueble normalmente se muestran en mapas de escalas grandes».

- Censo o inventario de todos los bienes inmuebles de un territorio determinado.
- Es un registro público cuyo objetivo o finalidad específica es garantizar que las inscripciones de los bienes inmuebles concuerden con la realidad física de los mismos.
- Realiza, califica, comprueba, inscribe, protocoliza y convalida los actos civiles de levantamiento territorial y cuyo propósito fundamental es garantizar que las descripciones de los bienes inmuebles concuerden fielmente con la realidad física en forma coordinada y recíproca con el control que sobre los derechos de dominio de estos bienes ejerce el Registro General de la Propiedad.

2. **CATASTRO NACIONAL GUATEMALTECO**, es un proceso técnico para la obtención y mantenimiento de la información territorial y legal, representada en forma gráfica y descriptiva de todos los predios del territorio nacional.

### 3. **EL CATASTRO COMO:**

- **REGISTRO**, es un censo de todos los bienes inmuebles de un territorio determinado, que tiene como finalidad contribuir a la toma de decisiones para atender los problemas que genera la tenencia de la tierra.

Es un registro público cuyo objetivo único o finalidad específica es garantizar que las descripciones de los bienes inmuebles concuerden con la realidad física de los mismos.

- **INSTITUCIÓN**, su finalidad fundamental es establecer el control inmobiliario para determinar el valor de los bienes, para efectos impositivos.

Institución encargada de preparar y mantener el inventario o censo debidamente cuantificado y clasificado de los bienes inmuebles con el

objetivo de lograr su correcta identificación física, jurídica, económica y fiscal, de tal manera que sirva para los planes de desarrollo económico y social del país.

- **PROCESO**, es un proceso técnico para la obtención y mantenimiento de la información territorial y legal, representada en forma grafica y descriptiva de todos los predios del territorio nacional.

4. **FIN DEL CATASTRO.** Regularmente se utiliza como una fuente de información sistemática en forma precisa, de la extensión superficial, uso y tenencia de la tierra, del valor de los inmuebles y su respectiva relación con los propietarios, cuya aplicación se marca dentro de los aspectos legales, políticos y económicos de un país, sin embargo se persigue que sea multiusos.

5. **OBJETIVOS DEL CATASTRO.** El catastro dará las herramientas necesarias para:

- ✓ Determinar la extensión superficial y ubicación exacta de los predios.
- ✓ Determinar quiénes son los propietarios, poseedores o tenedores de los predios.
- ✓ Contribuir al plan de regularización de la tenencia de la tierra.
- ✓ Contribuir al programa de proporcionar garantía al derecho de propiedad sobre los bienes y dar soporte al marco de certeza jurídica.
- ✓ Determinar los recursos naturales de un país.
- ✓ Determinar el incremento demográfico para tomar medidas para el reordenamiento vehicular y del transporte.
- ✓ Determinar formas eficientes para recolección de impuestos.
- ✓ Respetar los acuerdos de paz.

6. **IMPORTANCIA DEL CATASTRO.**

- ✓ Formular y ejecutar planes de desarrollo económico y social de un país.
- ✓ Sirve como fuente de datos para la planificación física de un orientado desarrollo de la comunidad por cuanto suministra información sobre la existencia real de los predios y su uso.
- ✓ Muestra los recursos naturales de un país, permitiendo el uso racional y adecuado de los mismos.
- ✓ Sirve de auxiliar al Registro de la Propiedad contribuyendo a darle certeza jurídica al derecho de propiedad.
- ✓ Sirve como instrumento para identificar ampliamente los conflictos derivados de la tenencia de la tierra.

- ✓ Proporciona a las corporaciones municipales el censo catastral del municipio, para la planificación y desarrollo de obras de servicios y para el desarrollo de programas de tributación sobre los bienes inmuebles.

#### 7. APLICACIONES DEL CATASTRO.

- ✓ **FISCAL**, el establecimiento de una base real sobre la tenencia de la tierra la constituye en una fuente para el cobro de impuesto justo.
- ✓ **JURÍDICA**, garantiza y consolida a los propietarios de los bienes inmuebles, el derecho de propiedad que ejercen sobre ellos.
- ✓ **PLANIFICACIÓN**, es fuente y generador de datos estadísticos muy importantes para la planificación física de una área determinada.
- ✓ **ECONÓMICA**, proporciona la disponibilidad de los recursos naturales para su explotación.
- ✓ **INFORMATIVA**, con fines educativos.

### B. REGISTRO GENERAL DE LA PROPIEDAD

«Un Registro de la Propiedad, es un registro publico de derechos respecto a inmuebles, dependiente del sistema legal del país. Puede ser un registro de documentos o un registro de títulos. En un sistema basado en registro de documentos, se toman en cuenta todos los documentos sobre las transacciones particulares y sirve como evidencia del convenio específico, pero el mismo no es una prueba del derecho legal de los contrayentes para entrar en o consumir el convenio. Dentro del sistema basado en registro de títulos, el proceso de registro de documentos no es necesario. El registro de títulos es, de por sí, una prueba de propiedad y es garantizada por el Estado».

El Registro de la Propiedad tiene por objeto la inscripción, anotación y cancelación de los actos y contratos relativos al dominio y demás derechos reales sobre bienes inmuebles y muebles identificables. Sus documentos, libros y anotaciones son públicos.

### C. SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE LA TIERRA - SIT

Un Sistema de Información sobre Tierras es un instrumento para la toma de decisiones jurídicas, administrativas y económicas, y un apoyo para la planificación y el desarrollo, componiéndose, por un lado, de una base de datos con información, referida en el espacio, relacionada con la tierra para un área definida y, por otro lado, de

procedimientos y técnicas para recolección, mantenimiento, y divulgación sistemática de la información. La base de un Sistema de Información sobre Tierras es un sistema uniforme con referencia espacial de la información, también facilitando la unificación de datos dentro del sistema con otros datos relacionados con la tierra.

El SIT sirve para la planificación, el desarrollo y el control de la tierra, que son de gran utilidad para llevar un control de aumento de población, urbanización, protección para el ambiente, producir nuevos sistemas de transporte y de servicios; facilitar transacciones de inmuebles, valuación y tasación; fomentar inversión.

#### **D. PROCESO CATASTRAL**

##### 1. ESTABLECIMIENTO CATASTRAL

- a. **LEVANTAMIENTO CATASTRAL** – Proceso destinado a obtener la identificación física, económica y legal de los predios. Es la fase de investigación de campo.
- b. **INVESTIGACIÓN REGISTRAL** – Obtener información en el Registro General de la Propiedad de cada inmueble (Propietarios, área, ubicación, colindantes, anotaciones, etc.)
- c. **ANÁLISIS** – Ordenar la información de campo y registro. Determinar la correspondencia entre la realidad física y el Registro de la Propiedad Inmueble en lo que a información de propietario y predio se refiere. Detectar sistemáticamente las diferencias campo-registro. Organizar un registro sistematizado de diferencias. Identificar las posibles causas de las diferencias existentes. Dictaminar y recomendar las posibles soluciones, para depurar las anomalías encontradas a través del proceso de análisis. Es la fase más importante del Proceso Catastral.
- d. **PROCESAMIENTO DE DATOS** – Producir informe final.

##### 2. MANTENIMIENTO CATASTRAL. Su finalidad principal es mantener al día toda la información del catastro. Entre los encargados se encuentran:

- Institución responsable del establecimiento catastral.
- Registro General de la Propiedad.
- Abogados y Notarios.
- Propietarios, poseedores o tenedores de bienes inmuebles.
- Municipalidades

3. ACTUALIZACIÓN CATASTRAL. Actividades que pueden realizarse en períodos de tiempos determinados, para incorporar al catastro los avances tecnológicos que pudieron observarse en cierto período.

## E. MAPA

1. **DEFINICIÓN DE MAPA:** Representación de un área geográfica, que suele ser generalmente una porción de la superficie de la Tierra, dibujada o impresa en una superficie plana. Es más una representación del terreno a modo de diagrama; habitualmente contiene una serie de símbolos aceptados a nivel general que representan los diferentes elementos naturales, artificiales o culturales del área que delimita el mapa. (**CARTOGRAFÍA**, arte y ciencia de trazar mapas.)

Tomando en cuenta las cualidades métricas y de ubicación exacta de los detalles terrestres de una región determinada, expresados en un mapa, se considera a estos como la herramienta más importante de que se vale el catastro para ubicar y representar en forma precisa los bienes inmuebles dentro de un contexto territorial.

La elaboración de mapas se ha beneficiado mucho de los avances tecnológicos, probablemente algunos de los avances más importantes han sido la utilización de fotografías aéreas y sensores de control remoto, la utilización de ordenadores (computadoras) para el almacenamiento y tratamiento de datos, así como para el trazado de mapas, y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que ha reducido sustancialmente el margen de error al determinar la localización exacta de los puntos de la superficie terrestre.

La base de un mapa moderno es un estudio detallado que proporcione, por un lado, las localizaciones geográficas y, por otro, las relaciones entre una serie de elementos del área a cartografiar. En la actualidad, la información obtenida de los levantamientos fotogramétricos aéreos complementa la información proporcionada por el tradicional método de los levantamientos topográficos del terreno. Las imágenes vía satélite pueden proporcionar una gran cantidad de información muy precisa sobre diferentes elementos de la superficie terrestre, como pueden ser la localización de depósitos de minerales, la extensión de

urbanizaciones, la presencia de plagas que afectan a la vegetación y cultivos, o los tipos de suelos.

## 2. TIPOS

a. **MAPAS TOPOGRÁFICOS O GENERALES.** El tipo básico de mapa utilizado para representar áreas del terreno es el mapa topográfico. Estos muestran los elementos naturales del área analizada y también ciertos elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los asentamientos de población. También muestran fronteras políticas administrativas, como pueden ser los límites de las ciudades, de las provincias o de los estados. Los mapas topográficos, debido a la gran cantidad de información que tienen, se utilizan a menudo como mapas generales de consulta.

En Guatemala, el mapa básico que se utiliza para los diferentes estudios, es el Mapa Topográfico escala 1 : 50,000.

b. **MAPAS TEMÁTICOS O ESPECÍFICOS.** Entre los mapas más importantes, realizados con una función especial, están las cartas de navegación marítima (náuticas) y las cartas de navegación aérea (aeronáuticas). Las cartas de navegación marítima se utilizan para la navegación de embarcaciones y cubren la superficie de los océanos y de otras grandes masas de agua, así como sus costas. Un elemento importante de este tipo de cartas es la localización exacta de los faros, boyas y otros elementos que sirven de ayuda a la navegación. Además aparecen otros puntos de referencia, como edificios altos o picos prominentes. Las cartas de navegación aérea, para que se utilicen sobre el terreno, se asemejan en cierto modo a los mapas topográficos, pero contienen también la situación de los radiofaros, de los corredores aéreos y de las áreas cubiertas por los campos de transmisión de las estaciones de radio.

Otros mapas específicos son: los mapas políticos, que muestran sólo las ciudades y las divisiones políticas o administrativas sin rasgos topográficos; los mapas geológicos, que muestran la edad de las rocas y la estructura geológica de un área; y los mapas de usos del suelo, entre muchos otros. Especialmente útil es el mapa en relieve, que es una representación tridimensional del terreno referida a un espacio geográfico. Para realzar el relieve, la escala vertical de estos mapas es

muy superior a la escala horizontal. Los mapas en relieve se utilizan mucho en planificación militar y en ingeniería.

## F. ESCALA

Relación entre la distancia que separa dos puntos en un mapa y la distancia real de esos dos puntos en la superficie terrestre. Los mapas a pequeña escala generalmente representan grandes porciones de la Tierra y, por tanto, son menos detallados que los mapas realizados con escalas más grandes.

Para expresar el valor de la escala de un plano o dibujo se puede hacer en palabras, en forma gráfica o por fracciones representativas. La escala puede ser de ampliación o de reducción. En topografía normalmente se utilizan escalas de reducción, debido a que las dimensiones medidas en los levantamientos son mucho mayores que el tamaño del papel donde se dibujará el objeto medido, pero tienen el inconveniente que no se pueden representar los detalles. En mediciones de objetos diminutos, si se emplea escala de ampliación o de aumento, son bien detalladas, pero no se pueden representar muchos objetos en el mismo plano.

### 1. MÉTODOS DE DAR ESCALA

**a. EN PALABRAS.** La escala en palabras, se expresa relacionando el número de unidades en el plano o dibujo (generalmente una unidad) respecto al número de unidades que representa en el terreno. Por ejemplo: un centímetro en el plano equivale a 10 kilómetros en el terreno, la cual indica que es una escala pequeña, debido a la reducción significativa en las dimensiones. Otra escala puede ser, por ejemplo que 1 cm. en el plano equivale a medio metro en el terreno, la cual representa una escala grande.

**b. EN ESCALA GRÁFICA.** Se representa mediante una línea o barra dibujada en el mismo plano del levantamiento topográfico, con unas divisiones que representan la relación de unidades en el plano a unidades en el terreno. Puede ser abierta o plena. Normalmente la primera división de la escala gráfica tiene unas subdivisiones más pequeñas o secundarias y el resto de divisiones se llaman divisiones primarias. Todo plano debe llevar una escala gráfica, ya que si se hace una reducción o ampliación del dibujo, la escala gráfica lo hará proporcionalmente, facilitando la medición a escala entre dos puntos cualesquiera en el plano reducido o ampliado



**c. POR UNA FRACCIÓN REPRESENTATIVA.** Es el método corrientemente utilizado para indicar la escala en forma numérica. La fracción tiene por numerador el número de unidades en el plano que, por lo general siempre es uno (1) y por denominador el número de unidades equivalentes en el terreno. Ejemplo: La escala 1/100 ó 1:100. Esta escala significa que un (1) centímetro en el plano representa 100 centímetros en el terreno, o que una (1) pulgada en el plano equivale a 100 pulgadas en el terreno. Como se deduce la escala expresada mediante fracción representativa es adimensional, o lo que es lo mismo, las unidades del numerador y del denominador deben ser iguales.

Las escalas expresadas anteriormente en palabras, al convertirlas en fracciones representativas quedarían de la siguiente forma:

- 1 cm. en el plano ° 10 Km. en el terreno: 1 **cm.** en el plano ° 1000000 **cm.** en el terreno, es decir la escala numérica sería 1: 1'000.000.
- 1 cm. en el plano ° 0.5 metros en el terreno: 1 **cm.** en el plano ° 50 **cm.** en el terreno, es decir la escala numérica es: 1:50
- Si la fracción de escala o escala numérica se expresa de la forma 1:E, al valor de E se le conoce como el factor de escala.

**Fracción de Escala = 1 / Factor de Escala = Número de Unidades en el plano(1) / Número de unidades en el terreno**

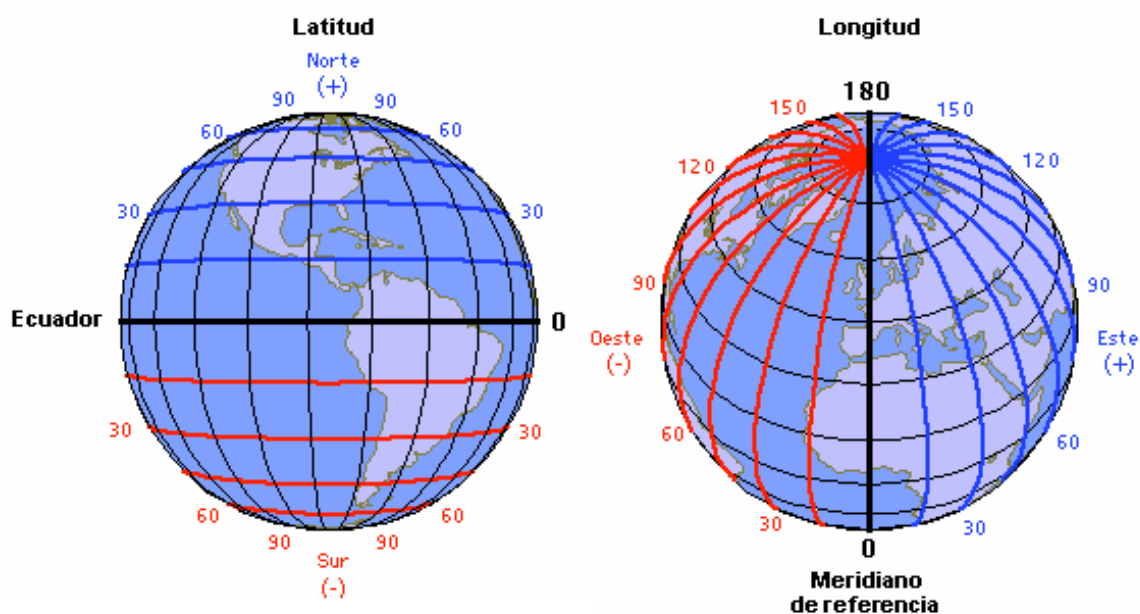
En términos generales, la magnitud de las escalas para los trabajos de topografía puede ser del siguiente orden de magnitud:

- Escalas pequeñas: mayores de 1:10.000
- Escalas intermedias entre 1:10.000 y 1:1.000
- Escalas grandes, menores de 1:1.000

Para el dibujo de planos de levantamiento de planos catastrales, se suelen emplear escalas de 1:10.000, para ciudades escalas de 1:50.000, para departamentos de 1:500.000 y escalas geográficas mayores de 1:500.000. En

realidad la escala depende del tamaño del terreno a representar y del tamaño de la hoja de papel en la cual se dibujará el plano.

## G. COORDENADAS GEOGRÁFICAS



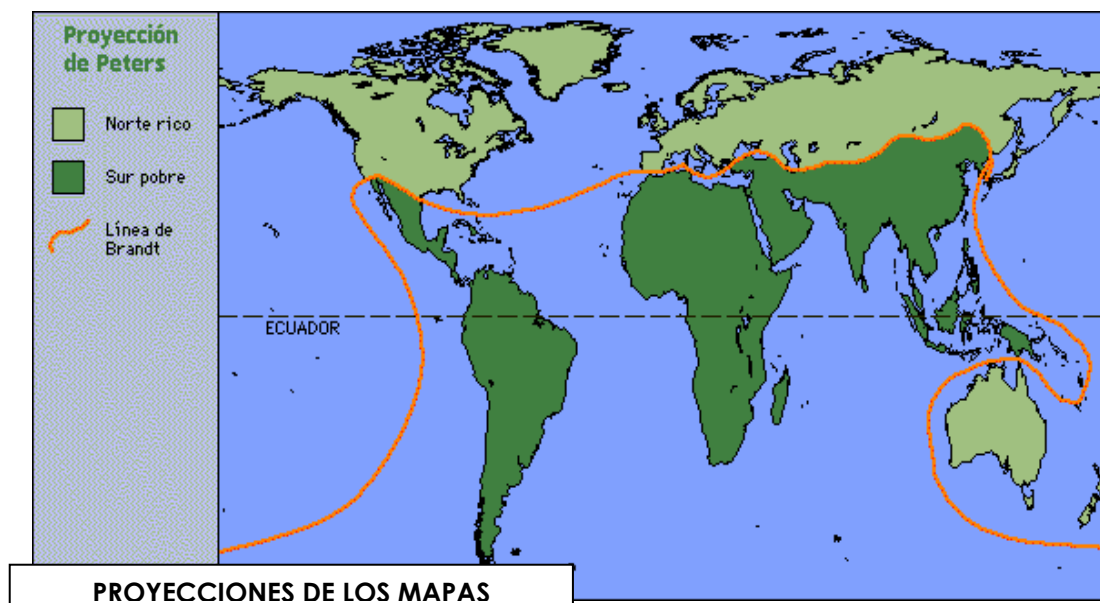
1. **LÍNEAS DE LATITUD Y LONGITUD.** Las líneas de latitud y longitud se emplean para localizar un punto específico en el globo terrestre. El ecuador es una línea imaginaria desde la que se mide la latitud; equidista de los polos y divide al globo en hemisferio norte y hemisferio sur. La longitud define la situación de un punto al este u oeste de otra línea imaginaria tomada como referencia, el meridiano de Greenwich. A diferencia de las líneas de latitud, que se van acortando a medida que se acercan a los polos, todas las líneas de longitud miden igual de norte a sur y convergen en los polos. Cualquier punto del globo se puede describir en términos de distancia angular desde los puntos de referencia del ecuador ( $0^\circ$  de latitud) y del meridiano de Greenwich ( $0^\circ$  de longitud).

Por acuerdo internacional, la longitud se mide hasta  $180^\circ$  E y hasta  $180^\circ$  O a partir de los  $0^\circ$ , en el meridiano de referencia que pasa por Greenwich, Inglaterra. La latitud se mide hasta  $90^\circ$  N y hasta  $90^\circ$  S a partir de  $0^\circ$  sobre el ecuador. Los

mapas están orientados de tal manera que, generalmente, el norte verdadero ocupa la parte superior de la lámina.

## H. PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

Es la representación de toda o parte de la superficie del globo terrestre, trasladando sus medidas esféricas a una superficie plana, sobre la que se representa como un mapa.



Para representar la totalidad de la superficie terrestre sin ningún tipo de distorsión, un mapa debe tener una superficie esférica como la de un globo terráqueo. Un mapa plano no puede representar con exactitud la superficie redondeada de la Tierra, excepto en áreas muy pequeñas en las que la curvatura es desdeñable. Para mostrar grandes porciones de la superficie o áreas de tamaño medio con precisión, la superficie esférica de la Tierra debe transformarse en una superficie plana. El sistema de transformación se denomina proyección. Cuando una superficie esférica se transfiere a un plano modifica su geometría y la distorsiona, pero existen muchas transformaciones que mantienen una o varias de las propiedades geométricas del globo. Dependiendo de la extensión y ubicación de la zona a representar en el plano o mapa, se elegirá un tipo de proyección u otro, teniendo en cuenta las características geométricas que cada uno de ellos conserva y las que no, así como los efectos que su uso tendrá en la representación de los ángulos, áreas, distancias y direcciones de la superficie a cartografiar; optará por alcanzar la precisión en uno de estos aspectos, en detrimento de la distorsión que se produzca en los restantes. Una gran cantidad de mapas precisan más de una proyección cartográfica o, lo que es igual, una combinación de

propiedades características de varias proyecciones (equivalencia, conformidad y acimut).

Clasificación de proyecciones en tres grupos fundamentales: cilíndricas, acimutales (planas) y cónicas. Otras clasificaciones tienen en cuenta el aspecto de la retícula y la relación de la superficie esférica con el plano (secante, tangente, transversal u oblicua); y otras se definen en función de su principal propiedad o atributo, hablando así de proyecciones conformes, equivalentes, equidistantes, etc.

1. **PROYECCIONES CILÍNDRICAS.** Al realizar una proyección cilíndrica se considera la



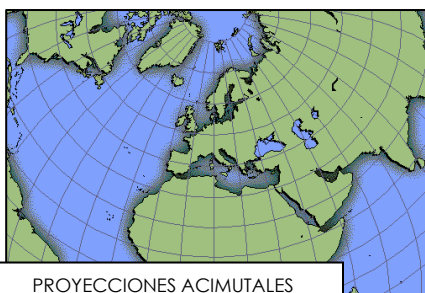
superficie del mapa como un cilindro, que rodea al globo terráqueo tocándolo en el ecuador, mientras que los meridianos y paralelos son líneas rectas que se cortan perpendicularmente entre sí (proyección cilíndrica simple). En algunas proyecciones cilíndricas, debido a la curvatura del globo terráqueo, los

paralelos de latitud más próximos a los polos aparecen cada vez menos espaciados entre sí. El mapa resultante representa la superficie del mundo como un rectángulo con líneas paralelas equidistantes de longitud y líneas paralelas de latitud con separación desigual. Como las formas de las áreas se van distorsionando a medida que se acercan a los polos, este tipo de proyección no se suele usar para regiones que no estén comprendidas entre los 40° N y los 40° S.

**a. PROYECCIÓN DE MERCATOR,** Es una proyección cilíndrica y, a la vez, conforme. Un mapa de proyección Mercator es muy exacto en las regiones ecuatoriales, pero se distorsiona bastante en las áreas de las latitudes altas. Sin embargo, las direcciones se representan con gran fidelidad y esto tiene especial importancia para la navegación (con este fin concibió Mercator su mapamundi en 1569). Toda línea que corte dos o más meridianos con el mismo ángulo se representa en el mapa de Mercator como una línea recta. Una línea con estas características, que se denomina línea de rumbo, representa la trayectoria de un barco o avión con rumbo magnético constante. Al utilizar un mapa Mercator, el navegante puede trazar una ruta, dibujando simplemente una línea entre dos puntos y leer la dirección de los puntos cardinales en el mapa. La proyección de Mercator permite introducir otra variante muy utilizada en cartografía: la proyección UTM

(*Universal Transversa de Mercator*), una proyección cilíndrica transversal secante. Se basa en la proyección Mercator, en la que el cilindro es tangente a un meridiano; pero su "universalidad" se consigue empleando distintos cilindros tangentes a varios meridianos, separados entre sí  $6^\circ$ . En cada proyección, sólo el meridiano de origen de cada huso de  $6^\circ$  y el ecuador aparecen como líneas rectas. Las regiones que se encuentran por encima de los  $80^\circ$  de latitud no se suelen representar en la proyección UTM.

2. **PROYECCIONES ACIMUTALES.** Este grupo de proyecciones cartográficas,

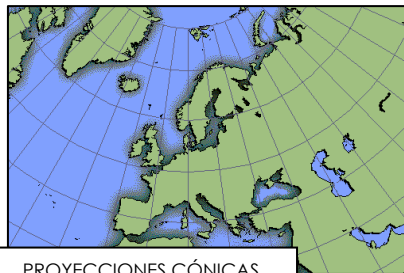


denominadas algunas cenitales, se origina al proyectar el globo terráqueo sobre una superficie plana que puede tocarlo en cualquier punto.

- a. **PROYECCIÓN GNOMÓNICA**, posee la propiedad única de que todos los arcos de los círculos máximos están representados como líneas rectas. Es muy útil para la navegación pero, puesto que la escala aumenta a medida que nos alejamos del centro, es poco práctica desde los polos hasta los  $45^\circ$  de latitud.
- b. **PROYECCIÓN ACIMUTAL EQUIVALENTE**, se caracteriza porque el espacio entre los paralelos de latitud disminuye a medida que aumenta la distancia al centro de la proyección, permitiendo así la equivalencia.
- c. **PROYECCIÓN EQUIDISTANTE**, tiene como característica especial la de conservar la escala a lo largo de las líneas que irradian desde el centro de la proyección y que constituyen rumbos auténticos. Es una proyección muy útil para las rutas aéreas, ya que mantiene las direcciones y medidas sobre ellas.
- d. **PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA**, es aquella en la que un hemisferio aparece proyectado sobre un plano perpendicular y donde el centro de perspectiva se encuentra a una distancia infinita del globo. La escala se conserva sólo en el centro y la deformación aumenta rápidamente hacia el exterior. Es un tipo de proyección muy antigua que sólo se usa para la realización de cartas astronómicas y mapamundis artísticos.
- e. **PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**, los meridianos y paralelos se proyectan sobre un plano tangente a un punto situado en el extremo opuesto del

diámetro. De este modo, tanto los meridianos como los paralelos son círculos; es decir, todos los círculos del globo son círculos en la proyección. Se utiliza en los mapamundis en dos hemisferios, en los mapas del cielo y en los utilizados en geofísica, pero la deformación aumenta significativamente y de manera simétrica desde el punto central hacia el exterior.

3. **PROYECCIONES CÓNICAS.** Para preparar una proyección cónica debe colocarse un cono en el extremo superior del globo terráqueo. Tras la



PROYECCIONES CÓNICAS

proyección, se supone que se corta el cono y se desarrolla hasta quedar como una superficie plana. El cono es tangente al globo en uno o varios paralelos base; el mapa que resulta de ello

es muy preciso a lo largo de estos paralelos y áreas próximas, pero la distorsión aumenta progresivamente a medida que nos alejamos de ellos. La proyección cónica conforme de Lambert, con dos paralelos base, se utiliza frecuentemente para cartografiar países o continentes pequeños como Australia o Europa.

- a. **PROYECCIÓN POLICÓNICA**, en la cual se suponen una serie de conos, cada uno de los cuales toca la superficie del globo terráqueo en un paralelo diferente y sólo se utiliza el área que se halla próxima a ese paralelo. Compaginando los resultados de una serie de proyecciones cónicas limitadas, se puede representar en un mapa un área extensa con una exactitud considerable. Este tipo de proyección resulta adecuado para los mapas de gran extensión latitudinal.

## I. ZONA GTM o 15.5

### 1. OBJETIVOS

- Un sistema de coordenadas planas único para Guatemala.
- Mejorar la precisión en trabajos de cartografía y topografía.
- Sistema de referencia único para los sistemas de información geográfica (SIG).

La zona GTM fue creada debido a la circunstancia que Guatemala se encuentra comprendida entre las zonas UTM 15 y 16, lo cual representa un problema para el catastro porque la información catastral estaría expresada en dos sistemas de coordenadas distintos. Por ejemplo, la información catastral de Melchor de Mencos (Petén), Izabal o Chiquimula en la zona 16 y la de La Libertad (Petén), Huehuetenango o San Marcos en la zona 15.

Para resolver este problema el IGN y UTJ-Protierra han desarrollado la zona especial adaptada al país denominada GTM o zona 15.5, que comprende a todo el territorio nacional y permitirá que la información catastral sea expresada en coordenadas en un mismo sistema (misma zona). La creación de la zona GTM es beneficiosa también porque se fundamenta en el datum geocéntrico global WGS-84 que es mucho más moderno y de uso internacional.

## 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- Proyección:** Transversa de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.
- Esferoide:** WGS-84, Datum: World Geodetic System 1984.
- Longitud de origen:** 90°30' (Meridiano central de la proyección).
- Latitud de origen:** 0° (El Ecuador).
- Unidades:** Metros.
- Falso Norte:** 0 metros.
- Falso Este:** 500,000 metros en el meridiano central.
- Factor de escala en el meridiano central:** 0.9998
- Numeración de la zona:** No esta dentro de la numeración normal de las zonas UTM. Se le llama zona 15.5.
- Límite de latitud del sistema:** No es aplicable.
- Límite de las zonas:** No es aplicable.

## J. EL NACIMIENTO DE LA NUEVA CARTOGRAFÍA

La antigua cartografía floreció tras la invención de la imprenta. Durante cinco siglos los cartógrafos diseñaron los mapas sobre papel. Los métodos con los que creaban la imagen que iba a ser impresa evolucionaron, desde el grabado sobre arcilla y cobre hasta los trazados en plástico y la creación de las máscaras de color por medio de sofisticadas técnicas fotográficas.

En los últimos treinta años, y sobre todo desde 1990, la situación de la cartografía ha cambiado de forma radical debido a la introducción de ordenadores (computadoras).

Toda esta labor de investigación dio lugar a cambios significativos que han transformado definitivamente la cartografía. Podemos señalar los siguientes:

1. Los mapas se realizan ahora, generalmente, a partir de las bases de datos informatizadas. El ordenador (computadora) ya no se utiliza sólo para automatizar las técnicas cartográficas de trazado tradicionales, sino que se ha convertido en un instrumento que controla la cantidad y calidad de los datos, los fusiona, selecciona aquellos que puedan resultar de mayor interés y refleja los resultados del modo en que desea el usuario.
2. La adaptación de los resultados a las demandas de los clientes potenciales es algo corriente. Así, en algunos países se ha conseguido que el cliente pueda seleccionar en la pantalla de una computadora un área que le interese y que el mapa adopte la forma que él desee. El mapa se imprime en papel y su contenido dependerá de la elección del usuario y de la escala que escoja.
3. Los mapas virtuales son algo común hoy en día. Estos mapas se visualizan en la pantalla.
4. Los programas de ordenador (computadora) y los datos para realizar este tipo de mapas son cada vez más accesibles al público. Debido a todas estas razones existen ahora más mapas que nunca.

Algunos de estos mapas se alejan mucho del antiguo estilo de mapa lineal. Las distorsiones geométricas de la fotografía aérea y de las imágenes de satélite pueden corregirse ahora con programas informáticos y obtener una resolución excelente para algunos lugares en los que los mapas anteriores se habían quedado anticuados, por no reflejar los cambios producidos.

## **K. TOPOGRAFÍA**

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio  $(x,y,z)$ .

La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala. El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes y la representación en un plano (trabajo de campo + trabajo de oficina) es lo que comúnmente se llama "Levantamiento Topográfico" La

topografía como ciencia que se encarga de las mediciones de la superficie de la tierra, se divide en tres ramas principales que son la geodesia, la fotogrametría y la topografía plana.

La topografía desde un inicio se puso en práctica para establecer o replantear linderos o límites de propiedad de un terreno utilizando objetos naturales, mojoneras o estacas clavadas en el suelo para señalar los linderos, pero al aumentar el valor de la tierra y cantidad de propietarios, mayores eran las disputas de posesión, por lo cual se hizo necesaria la utilización de señales permanentes y registros o autorizaciones por escrito. Se puso en evidencia la importancia de tener levantamientos más exactos.

En Guatemala, los problemas que se presentan en los levantamientos sobre bienes inmuebles, provienen de la deficiencia de las descripciones, señales y medidas establecidas anteriormente y referidas en los títulos de propiedad. La mayoría de levantamientos no son originales.

## L. TEODOLITO

Es el más universal de los instrumentos topográficos aunque se utiliza primordialmente como goniómetro para la medición o el establecimiento preciso de ángulos horizontales y verticales, también se emplean para determinar distancias horizontales y verticales por estadía para prolongar líneas y para nivelación diferencial de bajo orden.

Es un goniómetro completo perfeccionado, con el que se pueden medir ángulos con gran precisión, mediante la utilización de una alidada de anteojo y de limbos complementados con nonios o con micrómetros para poder alcanzar precisiones de hasta 0,5".

Existen dos grupos de teodolitos:

- **Concéntricos:** Llevan el anteojo en el centro del eje horizontal.
- **Excéntricos:** Llevan el anteojo en un extremo del eje secundario.
- En cada uno de los dos grupos hay dos clases:
- **Repetidores:** Los que tienen tornillo de coincidencia de movimiento general para el giro lento.
- **Reiteradores:** Los que no tienen tornillo de coincidencia de movimiento general.

En la actualidad la mayoría de los teodolitos del mercado son concéntricos y repetidores. También reciben el nombre de centrados y de tránsito porque pueden bascular completamente el anteojo e invertirlo.

### 1. TEODOLITO SERIE TCR110



El teodolito TCR110 de Leica Geosystems son fáciles de usar e idóneos para todas las tareas topográficas en la construcción.

Equipo desarrollado con especial énfasis para que mejore la productividad y sea fácil de usar. El distanciómetro integrado permite ahorros de tiempo superiores al 50% comparado con técnicas convencionales mediante el uso de teodolitos ópticos o electrónicos y cintas métricas. Los instrumentos TPS100 ofrecen alta precisión, minimizan los errores de lectura y son fáciles y rápidos de aprender a usar.

Este teodolito tiene las siguientes características:

- ☑ Pantalla grande para una cómoda lectura.
- ☑ Plomada láser para estacionar rápidamente.
- ☑ Intensidad ajustable del punto láser.
- ☑ Compensador electrónico para aumentar la precisión de la medición.
- ☑ Tornillos sin fin para los movimientos horizontal y vertical.
- ☑ Compacto, ligero.
- ☑ Baterías de NiMH recargables de larga duración.
- ☑ Base nivelante desplazable.
- ☑ Medida de distancias: Medición electrónica mediante infrarrojos, con un alcance de 500 m al prisma.
- ☑ 50% de ahorro de tiempo en aplicaciones estándar.
- ☑ Precisión elevada, menos errores de lectura.
- ☑ Rápido y fácil de aprender y de usar productivamente.
- ☑ Mediciones posibles aunque hay obstáculos.
- ☑ La tarea de medición no obstruye ni retrasa el trabajo de la obra.

- ☑ Comprobaciones y revisiones rápidas.
- ☑ Medidas precisas incluso donde no pueden pasar las cintas.
- ☑ Medidas realizadas y comprobadas por un solo operador.
- ☑ Mayor seguridad para personas y equipos.

## 2. ESTACIÓN TOTAL



Se denomina **estación total** a un instrumento topográfico electro-óptico de la gama más moderna, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica.

Algunas de las características que incorpora son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla

posteriormente en computadoras personales.

Genéricamente se los denomina *estaciones totales* porque tienen la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, lo cual requería previamente de diversos instrumentos. Estos teodolitos electro-ópticos, impensados hace unos años, son una realidad técnica accesible desde el punto de vista económico. Su precio en el mercado va desde U\$S 6.000 hasta U\$S 20.000 y están reemplazando rápidamente a los instrumentos ópticos.

La precisión angular es de 1" (variable según la marca y el modelo); el distanciómetro permite medir distancias del orden del kilómetro con una precisión de milímetros, y tienen funciones que les permiten exportar sus datos directamente a programas "CAD" (programas de "diseño asistido por computador" para trazados geométricos o gráficos).

## M. LEICA SMARTSTATION



Estación total de altas prestaciones con un potente receptor GPS. Sin necesidad de puntos de control, largas poligonales ni intersecciones inversas. Sólo hay que estacionar la SmartStation y dejar que su GPS determine la posición, y luego a medir o replantear con la estación total. Así las tareas topográficas se resuelven de modo más sencillo, rápido y con menos estacionamientos. Los sistemas TPS y GPS se pueden utilizar por separado. La SmartAntenna se coloca sobre un bastón como una estación móvil RTK. El TPS se puede utilizar como una estación total estándar.

Esta estación total tiene las siguientes características:

- ☑ Determina las coordenadas de la estación pulsando una tecla.
- ☑ No necesita puntos de control, las poligonales o las intersecciones inversas. Simplemente se estaciona, se pulse la tecla GPS y la SmartAntenna hace el resto. El RTK determina en pocos segundos la posición con precisión centimétrica dentro de un radio de 50 Km. de la estación de referencia.
- ☑ SmartStation puede empezar en el menor tiempo posible: fije la posición con GPS y luego mida con la estación total.
- ☑ Un GPS completamente integrado en la estación total.
- ☑ Todo el software va incorporado en la estación total y las funciones de TPS y GPS se controlan a través del teclado de TPS. Todos los datos se almacenan en la misma base de datos dentro de la misma tarjeta CompactFlash. Todas las mediciones, el estado y otras informaciones se visualizan en la pantalla de TPS. El módulo de batería de TPS también alimenta a la SmartAntenna del GPS y al dispositivo de comunicación de RTK. Todos los componentes se combinan perfectamente. Todo va integrado en una unidad compacta sin necesidad de cables, batería externa o colector de datos.
- ☑ Utilización como SmartStation o como una estación total y un receptor móvil RTK.
- ☑ Se puede utilizar cuando no se disponga de puntos de control. Una vez que la SmartStation haya determinado con precisión la posición, se retira la SmartAntenna, se coloca sobre un bastón y se utiliza el controlador RX1210 y el

sensor GTX1230 como una estación móvil RTK lista para trabajar. Dando la máxima flexibilidad.

## **N. TIPOS DE LEVANTAMIENTOS**

Tienen por objeto el cálculo de superficies y volúmenes, y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos.

**1. LEVANTAMIENTO GEODÉSICO**, para áreas extensas, las mediciones topográficas tienen en cuenta la forma básica de la Tierra, el geoide (casi esférica), por lo que se las denomina levantamientos geodésicos. Se basan en un meridiano norte-sur verdadero definido por el eje de rotación de la Tierra y se apoyan en la geometría esférica. Ejemplo típico de esta clase de alzado es el trazado de un camino o carretera de muchos kilómetros de recorrido, con lo cual necesita un ajuste geodésico para evitar la acumulación de errores provocados por la convergencia de los meridianos.

**2. LEVANTAMIENTOS CATASTRALES**, se realizan para establecer los límites de su extensión, colocando indicadores y postes en los vértices para determinar las coordenadas de dichos puntos y obtener, así, la información necesaria del área y sus límites. Estas medidas tienen que constar en los datos de escritura de un terreno, y también son necesarias para trazar y reflejar en un gráfico las áreas de la propiedad. Estos indicadores son convenientes para el registro público de la propiedad y para asegurar el título de propiedad correcto para el propietario legítimo del terreno.

**3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**, son tridimensionales y utilizan técnicas de levantamiento geodésico plano y otras especiales para establecer un control tanto vertical como horizontal. La configuración del terreno y de los elementos artificiales o naturales que hay en él se localizan a través de medidas que se representan en una hoja plana para configurar un mapa topográfico. Las curvas de nivel, que unen puntos de igual altitud, se utilizan para representar las altitudes en cualquiera de los diferentes intervalos medidos en metros. Muchos mapas topográficos se realizan gracias a la fotogrametría aérea; utilizan pares estereoscópicos de fotografías tomadas en levantamientos y, más recientemente, desde satélites artificiales como los spot. En las fotografías deben aparecer las medidas horizontales y verticales del terreno. Estas fotografías se restituyen en modelos tridimensionales para preparar la realización de un mapa a escala. Se requieren cámaras adecuadas y equipos de trazado de mapas muy precisos para representar la verdadera posición de los elementos naturales y humanos, y

para mostrar las alturas exactas de todos los puntos del área que abarcará el mapa. En un plano topográfico la altitud se representa mediante curvas de nivel, que proporcionan una representación del terreno fácil de interpretar.

**4. LEVANTAMIENTO DE PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA**, las mediciones de ingeniería establecen puntos de control mediante poligonales, líneas de base u otros métodos con el fin de obtener la información necesaria para los diseños de obras de ingeniería (levantamientos) y para posicionar los elementos constructivos, basándose en los planos del proyecto que utilizan esos puntos de control (replanteos). Los levantamientos topográficos y los mapas a los que dan lugar proporcionan información sobre la localización horizontal y sobre las altitudes, necesarios para diseñar estructuras como edificios, embalses, canales, carreteras, puentes, tendidos eléctricos o colectores. Para levantar los planos de estas obras se parte de los mismos puntos de control utilizados en los levantamientos topográficos originales. Los levantamientos geodésicos de construcciones implican la orientación y supervisión de mediciones de ingeniería que se coordinan en el levantamiento de planos y en la construcción de cualquier estructura.

**5. LEVANTAMIENTOS CARTOGRÁFICOS Y CARTOGRAFÍA**, se denominan levantamientos geodésicos cartográficos a aquellos que localizan puntos de control y obtienen detalles para la confección de mapas o cartas. Las cartas y los mapas a pequeña escala (que representan áreas extensas) son combinaciones de mapas a escala más grande de los cuales se eliminan y simplifican muchos detalles; a este proceso se le llama generalización cartográfica. Los mapas litorales representan la costa, pero de ésta muestran sólo los elementos que pueden ser importantes para la navegación y que están situados a lo largo de la línea de costa e informan de las profundidades del agua (líneas batimétricas). Las cartas aeronáuticas sólo muestran los rasgos geográficos más relevantes, como pueden ser las barreras, rutas aéreas, radiofaros y otros elementos de orientación como las vías de ferrocarril o carreteras.

**6. LEVANTAMIENTO GEODÉSICO MARÍTIMO**, los levantamientos y confección de mapas marítimos, de los ríos, puertos o lagos, con el fin de establecer las profundidades para facilitar una navegación más segura, se realizan mediante sondeos manuales en observaciones llevadas a cabo desde los puntos de control de la costa. Los sondeos con sonar, efectuados de forma simultánea a la localización por radar del buque oceanográfico de sondeo, permiten también el trazado rápido y exacto de los mapas. Más lejos de la costa la localización será siempre menos precisa; los aparatos Loran y los

satélites de navegación (GPS) se utilizan para conseguir la localización más exacta posible de las embarcaciones en alta mar cuando éstas cuentan con equipamientos modernos.

**7. LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE MINAS,** se utilizan para establecer la ubicación superficial y los límites de una concesión minera. Durante las operaciones en las minas, el levantamiento ayuda a establecer la ubicación exacta de los trabajos bajo tierra en vertical y en horizontal, a plantear las conexiones entre los túneles y a guiar la ejecución de estos últimos. Es un trazado tridimensional que, en esencia, apenas difiere del levantamiento topográfico superficial.

## **O. GEODESIA**

Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones de la Tierra, muy útil cuando se aplica con fines de control, es decir, para establecer la ordenación de tierras, los límites de suelo edificable o verificar las dimensiones de las obras construidas. La topografía de los terrenos, los elementos naturales y artificiales como embalses, puentes y carreteras, se representan en los mapas gracias a los levantamientos geodésicos. Las mediciones en un estudio topográfico son lineales y angulares, y se basan en principios de geometría y trigonometría tanto plana como esférica. En la actualidad, se utilizan satélites artificiales para determinar la distribución irregular de masas en el interior de la Tierra, así como su forma y dimensiones a partir de las irregularidades en sus órbitas.

**1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA.** Las longitudes horizontales se miden con reglas o cintas calibradas y, a veces, con sistemas electrónicos que registran el tiempo que tardan en desplazarse, entre dos puntos, las ondas de luz o radio. Las mediciones de longitudes verticales se realizan con una mira vertical graduada para determinar las diferencias de nivel y de altitud. El nivel de ingeniero consiste en un telescopio montado sobre un trípode, equipado con un nivel de burbuja y una retícula que se utiliza para ver las graduaciones en la mira. Los ángulos horizontales y verticales se miden con un teodolito, telescopio montado sobre un trípode con un limbo vertical y otro horizontal, cuyos círculos graduados indican los ángulos en grados, minutos y segundos.

Los distanciómetros, o aparatos electrónicos de medida de distancias, pueden dar resultados muy exactos, con una resolución entre 1 y 6 partes por millón (error relativo). Así, por ejemplo, un error de 5 partes por millón (ppm) representa 5mm/km. También se están desarrollando aparatos electrónicos de gran precisión para la medida de ángulos.

Los teodolitos utilizan lentes que permiten un mayor aumento y pueden ser, además, más pequeños que los anteriores. Estos instrumentos son cada vez más exactos, siendo capaces de medir centésimas de segundo de arco. Para nivelaciones diferenciales se usa también un nivel de ingeniero automático, que utiliza un prisma pendular o una luz reflectante.

**2. MEDIDAS EN EL PLANO.** Los estudios topográficos planos consideran cualquier pequeño segmento del terreno o del agua como un plano horizontal. Tales mediciones suelen ser proyecciones octogonales y calcularse en un sistema de coordenadas rectangular horizontal, con una orientación norte-sur y este-oeste, aunque la cuadrícula puede estar orientada en una dirección arbitraria que resulte más conveniente que la geográfica real. A partir de una estación o punto de origen de coordenadas asignadas, se mide la distancia horizontal hasta otro punto y después hasta otro haciendo un itinerario, para finalmente acercarse de nuevo al punto original o a cualquier otro punto de coordenadas conocidas. Una sucesión de estas líneas o recorridos conforma una línea quebrada o poligonal. Los ángulos horizontales entre estaciones sucesivas se miden con un teodolito en cada estación o vértice. Por tanto, a partir de una dirección inicial conocida o asignada arbitrariamente, pueden calcularse las direcciones sucesivas. Para determinar las coordenadas de las estaciones en la poligonal se utilizan cálculos de geometría y trigonometría plana. La distancia al norte o al sur de una línea poligonal es su longitud multiplicada por el coseno del ángulo de dirección; la distancia al este o al oeste del itinerario de una línea poligonal es su longitud multiplicada por el seno del ángulo de dirección. Las coordenadas permiten trazar los ejes a cualquier escala en una cuadrícula, y esto puede servir para el posterior trazado o control de otros detalles dibujados en un mapa o carta geográfica.

En lugar de una poligonal puede utilizarse una triangulación, midiendo sólo una línea de base, pero calculando después todos los ángulos en una cadena de triángulos y las coordenadas de los vértices sucesivos. En la actualidad, el avance de la distanciometría electrónica permite observar todos los ángulos y todos los lados (triangulación y trilateración). La elección de la poligonal o de la triangulación dependerá del tipo de terreno en el que estemos trabajando.

## P. FOTOGRAMETRÍA

Ciencia desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías, tanto terrestres como aéreas, para realizar mapas topográficos, mediciones y otras aplicaciones geográficas. Normalmente se utilizan fotografías tomadas por una cámara especial situada en un avión o en un satélite. Las distorsiones de las fotografías se corrigen utilizando un aparato denominado restituidor fotogramétrico. Este proyector crea una imagen tridimensional al combinar fotografías superpuestas del mismo terreno tomadas desde ángulos diferentes. Los límites, las carreteras y otros elementos se trazan a partir de esta imagen para obtener una base sobre la cual se realizará el mapa.

La fotografía aérea es un registro fiel de las características topográficas y de los elementos artificiales del terreno en el momento de la toma, constituyendo por lo tanto la base ideal para el levantamiento catastral.

**1. MODELO ESTEREOSCOPICO.** Es la reproducción del terreno mediante la reconstrucción de los haces que durante el vuelo fotogramétrico impresionaron dos fotografías sucesivas. Esto puede lograrse por verdaderos rayos de luz en aparatos de proyección o por el conjunto de posiciones de varillas móviles metálicas que son las que representa los rayos de luz en aparatos de proyección mecánica.

### a. CLASIFICACIÓN FOTOGRAMÉTRICA

**1) FOTOGRAMETRÍA ANALÓGICA,** comprende de la formación del modelo estereoscópico por medios analógicos y trazado mecánico del mismo obteniéndose mapas de líneas convencionales.

**2) FOTOGRAMETRÍA ANALÍTICA,** comprende la formación del modelo estereoscópico por medios analíticos y la recolección de información en forma digital.

**3) FOTOGRAMETRÍA DIGITAL,** permite a partir de imágenes digitales de la fotografía aérea (escaneado) obtener información digital del terreno.

**2. RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA.** Proceso por medio del cual se transforma la proyección central de la fotografía a una ortogonal o mapa a partir del modelo estereoscópico eliminando las distorsiones.

## Q. PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS

1. **FOTOGRAFÍA AÉREA**, constituye el elemento básico del proceso fotogramétrico, podrá utilizarse directamente como auxiliar, pero debido a las deformaciones de la fotografía no podrá utilizarse directamente como base para obtener información métrica.
2. **FOTOGRAFÍA RECTIFICADA**, es la impresión fotográfica obtenida al corregirse las deformaciones causadas por la no verticalidad del eje de la cámara en el momento de la toma. Esta es apropiada para terrenos planos y la información métrica obtenida es confiable.
3. **FOTOMOSAICOS**, constituye el ensamblaje del grupo de fotografías aéreas que cubren determinada área.
4. **ORTOFOTOS**, o fotografía rectificada diferencialmente es una impresión fotográfica en la cual cada elemento de la fotografía aérea es proyectado individualmente en orden de obtener una escala uniforme, es decir que las distorsiones causadas por la no verticalidad de la cámara y el relieve del terreno son eliminadas. La ortofoto tiene las mismas características métricas de un mapa y la riqueza informativa de la fotografía aérea original.
5. **MAPA DIGITAL**, es el conjunto de archivos digitales, es decir el registro de coordenadas de puntos aislados que junto al código respectivo representan las características topográficas y culturales del terreno y cuyo producto final pueden ser ficheros digitales, mapa impreso u ortofoto digital.
6. **ORTOFOTO DIGITAL**, es la imagen digital fotográfica a la que se le han eliminado las distorsiones causadas por la no verticalidad del eje de la cámara y las producidas por las diferencias de nivel del terreno. El proceso para la producción de la ortofoto digital comprende la obtención del modelo digital de elevación del terreno en forma semiautomática con el sistema fotogramétrico digital, y la producción automática a partir de este modelo y de la fotografía digital de la imagen digital de la ortofoto.

## R. TOPOGRAFÍA PLANA

La mayor parte de los levantamientos de la topografía tienen por finalidad el cálculo de la superficie o áreas, volúmenes, distancias, direcciones y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante los planos topográficos correspondientes. Estos planos se utilizan como base para la mayoría de los trabajos y proyectos de ingeniería relacionados con la planeación y construcción de obras civiles. Por ejemplo, se requieren levantamientos topográficos, antes, durante y después de la planeación y construcción de carreteras, vías férreas, sistemas de transporte masivo, edificios, puentes, túneles, canales, obras de irrigación, presas, sistemas de drenaje, fraccionamiento o división de terrenos urbanos y rurales (particiones), sistemas de aprovisionamiento de agua potable (acueductos), eliminación de aguas negras (alcantarillados), oleoductos, gasoductos, líneas de transmisión, control de la aerofotografía, determinación de límites de terrenos de propiedad privada y pública (linderos y medianías) y muchas otras actividades relacionadas con geología, arquitectura del paisaje, arqueología, etc.

La topografía plana se divide en dos grandes áreas que son la Altimetría y la Planimetría.

**1. PLANIMETRÍA O CONTROL HORIZONTAL.** La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone que es la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Aquí no interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno. La ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal. El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. La base poligonal puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del levantamiento topográfico. Como resultado de los trabajos de planimetría se obtiene información planimétrica (plano planimétrico).

**2. ALTIMETRÍA O CONTROL VERTICAL.** La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales también se puede hacer a partir de

las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre cada dos puntos. Como resultado se obtiene información vertical (Plano con indicación de altura y/o curvas de nivel).

**3. PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA SIMULTÁNEAS.** La combinación de las dos áreas de la topografía plana, permite la elaboración o confección de un "plano topográfico" propiamente dicho, donde se muestra tanto la posición en planta como la elevación de cada uno de los diferentes puntos del terreno. La elevación o altitud de los diferentes puntos del terreno se representa mediante las curvas de nivel, que son líneas trazadas a mano alzada en el plano de planta con base en el esquema horizontal y que unen puntos que tienen igual altura. Las curvas de nivel sirven para reproducir en el dibujo la configuración topográfica o relieve del terreno.

## **S. OPERACIONES O ACTIVIDADES DEL TRABAJO TOPOGRÁFICO**

Las actividades u operaciones necesarias para llevar a cabo un levantamiento topográfico, prácticamente se dividen en dos tipos de trabajo: trabajo de campo y trabajo de oficina.

**1. TRABAJO Y OPERACIONES DE CAMPO.** Estos consisten en las labores realizadas directamente sobre el terreno tales como:

- Toma de decisiones para la selección del método del levantamiento, los instrumentos y equipos necesarios, la comprobación y corrección de los mismos, la precisión requerida para el levantamiento.
- Determinación de la mejor ubicación de los vértices de una poligonal base o de referencia (ya sea abierta, cerrada o ramificada) que va a conformar el esqueleto o estructura del levantamiento.
- Programación del trabajo y la toma o recolección de datos necesarios, realización de mediciones (distancias, alturas, direcciones y orientación) y su correspondiente registro en libretas adecuadas, denominadas "carteras de topografía", ya sea de manera manual o electrónica.
- Colocación y señalamiento de mojones de referencia para delinear, delimitar, marcar linderos, fijar puntos, guiar trabajos de construcción y controlar mediciones.
- Medición de distancias horizontales y/o verticales entre puntos u objetos o detalles del terreno, ya sea en forma directa o indirecta.
- Medición de ángulos horizontales entre alineamientos (líneas en el terreno).

- Determinación de la dirección de un alineamiento con base en una línea tomada como referencia, llamada línea terrestre o meridiana.
- Medición ángulos verticales entre dos puntos del terreno ubicados sobre el mismo plano vertical.
- Localización o replanteo de puntos u objetos sobre el terreno con base en mediciones angulares y distancias previamente conocidas.

**2. TRABAJO Y OPERACIONES DE OFICINA O GABINETE.** Como complemento a las operaciones de campo y con base en los datos medidos y registrados adecuadamente, en las operaciones de oficina se calcula en términos generales los siguientes parámetros:

- Coordenadas cartesianas de todos los puntos.
- Distancia entre puntos.
- Ángulos entre dos alineamientos.
- Dirección de un alineamiento con base en una línea tomada como referencia, sin orientación.
- Áreas de lotes, parcelas, franjas, áreas de secciones transversales.
- Cubicaciones o determinación de volúmenes de tierras.
- Alturas relativas de puntos.
- Finalmente se debe confeccionar un plano o mapa a escala (representación gráfica o dibujo) de los puntos y objetos y detalles levantados en el campo. Los planos pueden ser representaciones en planta de relieve, de perfiles longitudinales de líneas, de secciones transversales, cortes, relleno, etc.

## **T. RECONOCIMIENTO AÉREO**

Estudio de la superficie terrestre utilizando imágenes tomadas desde aviones o satélites. El reconocimiento aéreo se ha hecho valioso en grado sumo para el levantamiento de mapas, la agricultura, los estudios del medio ambiente y las operaciones militares. Mediante el uso de imágenes aéreas, se pueden analizar los efectos de la erosión del suelo, observar el crecimiento de los bosques, gestionar cosechas o ayudar a la planificación del crecimiento de las ciudades.

El reconocimiento aéreo implica el uso de equipos de teledetección; un sensor remoto es cualquier instrumento que consigue información sobre un objeto o área situado a distancia. Los sensores más comunes utilizados en el reconocimiento aéreo son cámaras sofisticadas que consiguen fotografías capaces de revelar objetos de sólo unos metros de anchura desde altitudes de más de 19 kilómetros.

Se usan también cámaras digitales para registrar imágenes aéreas en un disco de computador y videocámaras para grabar imágenes en cintas de vídeo. A diferencia de las fotografías convencionales, estas imágenes pueden ser vistas de inmediato. El uso de computadoras tiene gran importancia en el reconocimiento aéreo, pues permite mejorar la calidad de las imágenes y acrecentar el alcance de la información que proporcionan.

Aunque a mediados del siglo XIX se conseguían fotografías aéreas desde globos aerostáticos y cometas, el reconocimiento aéreo no alcanzó una amplia utilización hasta la I Guerra Mundial, cuando las cámaras se montaron en aviones. Las aplicaciones militares de la fotografía aérea adquirieron mayor importancia durante la II Guerra Mundial, gracias al desarrollo de los aviones, cámaras y películas. Al final de la década de 1930 y durante la de 1940, Estados Unidos realizó los primeros reconocimientos aéreos de grandes áreas, en apoyo de una serie de programas gubernamentales para la conservación del suelo y la gestión forestal. En la actualidad, la mayor parte de la superficie terrestre ha sido fotografiada mediante el reconocimiento aéreo.

## **U. TELEDETECCIÓN**

Técnica empleada para obtener información a distancia sobre objetos y zonas de la superficie de la Tierra, basada fundamentalmente en el análisis de las imágenes obtenidas desde aeronaves y satélites preparados para ello. Las cámaras y otros instrumentos que registran esta información se denominan sensores, que son transportados en aviones y satélites artificiales. Estos sistemas de teledetección se emplean de forma habitual para el reconocimiento, la confección de mapas y la observación de los recursos y el medio ambiente de la Tierra. También se han empleado para explorar otros planetas.

La mayoría de los sensores remotos registran la energía electromagnética radiada o reflejada por los objetos. La forma más familiar de energía electromagnética es la luz o rango visible. Cuando la película de una cámara se expone a la luz, está registrando la energía electromagnética. Muchos sistemas de teledetección se basan en la toma de fotografías; otros en el registro de energía electromagnética invisible como rayos infrarrojos o microondas.

Las cámaras fotográficas son uno de los sensores remotos más frecuentes. Desde finales de la década de 1930 los científicos han fotografiado regularmente la superficie terrestre desde aviones. Esas fotografías se han empleado para levantar mapas, registrar

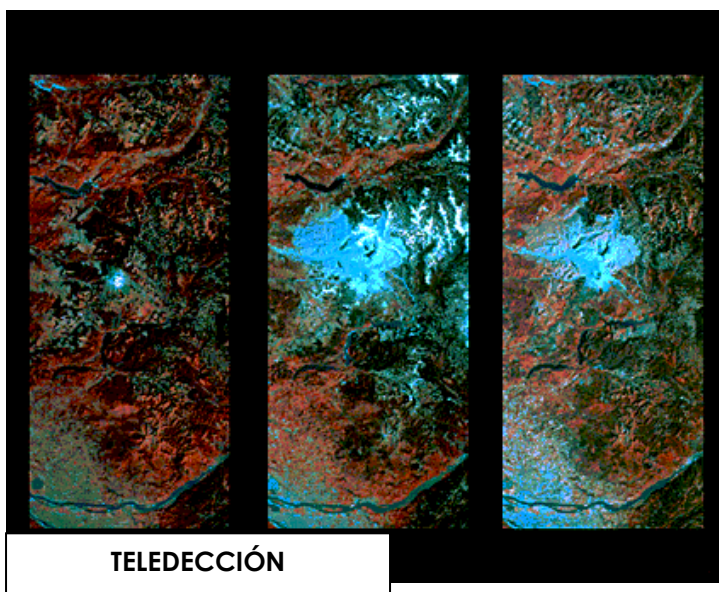
los cambios en el uso del suelo y en la vegetación, planificar ciudades y observar operaciones militares.

La principal técnica desarrollada por la teledetección espacial es la imagen multiespectral, realizada con sensores denominados *exploradores multiespectrales*. Esta técnica permite tomar imágenes de la Tierra desde diferentes longitudes de onda, generalmente en el campo de las radiaciones visibles, cercanas al infrarrojo. Las cámaras multiespectrales son cámaras de barrido que no utilizan películas, sino detectores electrónicos que registran radiaciones electromagnéticas. En teledetección se utilizan frecuentemente ordenadores o computadoras para mejorar la calidad de las imágenes y contribuir a la automatización de la recogida de información, tratamiento de datos y confección de mapas.

Los sensores infrarrojos y de microondas registran energía electromagnética invisible. El calor de los objetos puede medirse por la energía infrarroja que irradian. Los sensores infrarrojos crean imágenes que muestran las variaciones de temperatura en una zona. Las imágenes infrarrojas son utilizadas para determinar las condiciones de vegetación, estudiar los cambios de temperatura en la superficie del agua, localizar daños en canalizaciones subterráneas y registrar determinados accidentes geográficos superficiales y subterráneos. Los sensores de microondas, como el radar, transmiten ondas electromagnéticas hacia un objeto y registran las ondas que éste refleja. A diferencia de otros sensores, los de microondas pueden recoger información sobre una zona a través de las nubes. Explorando una zona con radar y procesando los datos con una computadora, los científicos pueden crear mapas de radar. Con esta técnica se han confeccionado mapas de la superficie de Venus, que está totalmente oculta por nubes muy densas. El radar también se ha empleado para la navegación oceánica, la detección de características geológicas e incluso el cálculo del contenido de humedad del suelo.

Los satélites han resultado ser muy útiles para el desarrollo de sistemas de teledetección. La Agencia Europea del Espacio (ESA), Estados Unidos, la India, Japón y Rusia han lanzado satélites de observación terrestre. Los satélites estadounidenses *Landsat* han proporcionado una enorme cantidad de información sobre la Tierra. El primero, el *Landsat-1*, se lanzó en 1972. El *Landsat-5* produce imágenes de casi toda la superficie terrestre una vez cada 16 días. Cada imagen del *Landsat* cubre más de 31.000 km<sup>2</sup> y muestra objetos de 900 m<sup>2</sup> de extensión. Los satélites franceses SPOT (*Système Probatoire d'Observation de la Terre*) facilitan imágenes que muestran objetos de tan sólo 100 m<sup>2</sup> de superficie.

Los satélites meteorológicos, como la serie europea *Meteosat*, emplean sistemas de teledetección para producir imágenes que se utilizan en la predicción meteorológica. Los sensores remotos de estos satélites pueden seguir el movimiento de las nubes y registrar los cambios de temperatura en la atmósfera.



Los satélites estadounidenses Landsat giran en órbitas situadas a 900 km de la Tierra, y llevan detectores multi-espectrales que registran la radiación electromagnética emitida desde el suelo. Esto permite observar características geológicas y naturales como roca desnuda, tierra o fango (gris), masas de agua (azul oscuro), bosques (caoba) y tierras de cultivo o praderas (rojo claro).

Estas tres imágenes de los alrededores del volcán Saint Helens, en Estados Unidos, que entró en erupción en 1980, fueron tomadas el 15 de septiembre de 1973 (*izquierda*), el 22 de mayo de 1983 (*centro*) y el 31 de agosto de 1988 (*derecha*). El volcán está en el centro de las imágenes.

## V. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Es un sistema de navegación basado en 24 satélites, que proporcionan posiciones en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas. Al no haber comunicación directa entre el usuario y los satélites, los datos obtenidos tienen poca precisión o no se obtienen datos. El GPS puede dar servicio a un número ilimitado de usuarios.

**1. HISTORIA Y DESARROLLO.** Al principio de los años 60 los departamentos de defensa, transporte y la agencia espacial norteamericanas (DoD, DoT y NASA respectivamente) tomaron interés en desarrollar un sistema para determinar la posición basado en satélites. El sistema debía cumplir los requisitos de globalidad, abarcando toda la superficie del globo; continuidad, funcionamiento continuo sin afectarle las condiciones atmosféricas; altamente dinámico, para posibilitar su uso en aviación y precisión. Esto llevó a producir

diferentes experimentos como el Timation y el sistema 621B en desiertos simulando diferentes comportamientos. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos implemento el sistema de GPS con el objeto de obtener en tiempo real la posición de un punto en cualquier lugar de la tierra. Este sistema surgió debido a las limitaciones del sistema TRANSIT que en la década de los años 70 proporcionaba posicionamiento usando métodos Doppler. La principal desventaja del este último era la no disponibilidad de satélites las 24 horas del día.

Al ser un sistema que supera las limitaciones de la mayoría de los sistemas de navegación existentes, el GPS consiguió gran aceptación entre la mayoría de los usuarios. Desde los primeros satélites, se ha probado con éxito en las aplicaciones de navegación habituales. Como puede accederse a sus funciones de forma asequible con equipos pequeños y baratos, el GPS ha fomentado muchas aplicaciones nuevas, como una alta precisión en la ubicación geográfica de los predios.

**2. CARACTERÍSTICAS.** El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) está disponible en dos formas básicas: SPS, iniciales de Standard Positioning Service (Servicio de Posicionamiento Estándar), y PPS, siglas de Precise Positioning Service (Servicio de Posicionamiento Preciso). El SPS proporciona la posición absoluta de los puntos con una precisión de 100 m. El código PPS permite obtener precisiones superiores a los 20 m; este código es accesible sólo a los militares de Estados Unidos y sus aliados, salvo en situaciones especiales. Las técnicas de mejora, como el GPS diferencial (DGPS), permiten a los usuarios alcanzar hasta 1 mm de precisión. Todos los usuarios tienen a su disponibilidad SPS, DGPS y técnicas portadoras (triangulación).

**3. FUNCIONAMIENTO DEL GPS.** Los satélites GPS llevan relojes atómicos de alto grado de precisión. La información horaria se sitúa en los códigos de transmisión mediante los satélites, de forma que un receptor puede determinar en cada momento en cuánto tiempo se transmite la señal. Esta señal contiene datos que el receptor utiliza para calcular la ubicación de los satélites y realizar los ajustes necesarios para precisar las posiciones. El receptor utiliza la diferencia de tiempo entre el momento de la recepción de la señal y el tiempo de transmisión para calcular la distancia al satélite. El receptor tiene en cuenta los retrasos en la propagación de la señal debidos a la ionosfera y a la troposfera. Con tres distancias a tres satélites y conociendo la ubicación del satélite desde donde se envió la señal, el receptor calcula su posición en tres dimensiones. El receptor utiliza cuatro satélites para calcular la latitud, la longitud, la altitud y el tiempo.

**4. EL GPS HOY.** Hoy en día el GPS supone un éxito para la administración y economía americana no interesando a nadie que se reduzca la inversión en el sistema, sino todo lo contrario. La política de la administración de EE.UU. es mantener costo cero para el usuario el sistema GPS, potenciar sus aplicaciones civiles a la vez que se mantiene el carácter militar.

Las aplicaciones disponibles se orientan a principalmente a sistemas de navegación y aplicaciones cartográficas: topografía, cartografía, geodesia, sistema de información geográfica (GIS), mercado de recreo (deportes de montaña, náutica, expediciones de todo tipo, etc.), patrones de tiempo y sistemas de sincronización, aplicaciones diferenciales que requieran mayor precisión además de las aplicaciones militares y espaciales.

En cuanto al reparto del mercado los más importantes son la navegación marítima, la aérea y la terrestre. Con una flota de 46 millones embarcaciones en todo el mundo, de los que el 98% son de recreo, la navegación marítima supone un mercado nada despreciable. Recreo, pesqueros, mercantes, petroleros, dragados y plataformas petrolíferas son perfectos candidatos al uso del GPS. El volumen de venta de equipos GPS en está en torno a los 300 millones de dólares anuales.

En cuanto a la navegación aérea con unos 300.000 aviones en todo el mundo. El equipamiento de GPS para navegación intercontinental o entre aeropuertos tiene una penetración anual del 5% (aproximadamente unas 15.000 unidades). Sin embargo en aproximación el GPS no tiene la suficiente integridad y precisión aunque la FAA esta financiando el proyecto WAAS (Wide Area Augmentation System) que refuerza el sistema GPS y será útil para aproximaciones de clase I (en EE.UU).

Pero el auténtico mercado del GPS en el mundo es la navegación terrestre. Con 435 millones de turismos y 135 millones de camiones es el más amplio mercado potencial de las aplicaciones comerciales del GPS. De hecho el crecimiento de equipamiento de GPS mundial es en torno a los 2.000 millones de dólares anuales, lo que lleva a una penetración del 4% en el año 2001. Entre las aplicaciones con más desarrollo contamos con sistemas de navegación independiente, sistemas de seguimiento automático, control de flotas, administración de servicios, etc. Sólo en los EE.UU existen 25.000 autobuses equipados con GPS y en Japón hay ya un millón y medio de vehículos privados que cuentan con sistema GPS en su equipamiento.

En España el mercado del GPS está en plena expansión habiendo alcanzado en 1998 las 200 unidades para aplicaciones topográficas y geodésicas, unas 300 para aeronáutica, mas de 3.500 para la náutica y alrededor de 4.000 unidades OEM para aplicaciones terrestres.

## W. GPS1200



**1. La mejor tecnología GPS y RTK.** Rápida adquisición de satélites, mediciones de alta precisión, seguimiento con baja elevación, disminución del efecto multipath, resistente a interferencias, rápido intervalo de actualización, latencia baja y RTK rápido, fiable y de largo alcance.

**2. Interface estandarizado GPS/TP.** Teclado y pantalla táctil, interfase sencillo de manejar y potente gestor de datos, programas incluidos: todos fáciles de usar e idénticos para GPS y TPS.

**3. Programable por el usuario.** Se puede programar para cualquier aplicación y requisitos especiales.

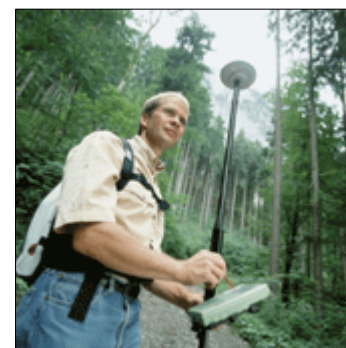
**4. Totalmente resistente al agua, increíblemente robusto.** Está diseñado para trabajar en cualquier lugar y bajo las más duras condiciones imaginables. Flotan, soportan el agua en cascada, sacudidas y vibraciones, polvo, arena y nieve, temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $+65^{\circ}\text{C}$ .

**5. Totalmente versátil.** Puede usarse como referencia o móvil de estático a tiempo real. Es pequeño, ligero y soporta todos los formatos y dispositivos de comunicación. Puede usarse sobre bastón, en una minimochila, sobre un trípode o incluso sobre una máquina de construcción, barco o avión.

**6. Para todas las aplicaciones.** Control, topografía, ingeniería, catastro, replanteo, monitorización, sísmicos, ... etc.

Características especiales del GPS1200:

- Mediciones de fase y código limpias, fiables y de alta precisión son la base para todos los trabajos GPS. A mejores observaciones, mejor ejecución y resultados. La antena y la procesadora de mediciones SmartTrack están unidas perfectamente para obtener el mejor receptor.
- Adquisición de señal en segundos.
- Excelente fortaleza de la señal.
- Seguimiento a bajas elevaciones.
- Mitigación del multipath.
- Resistente a interferencias.
- Mediciones de máxima calidad.



- ☑ Seguimiento perfecto en entornos dinámicos.
- ☑ Totalmente fiable.
- ☑ El algoritmo SmartCheck carga y procesa las mediciones SmartTrack y proporciona rápidos y precisos RTK. Las posiciones de precisión centimétrica están disponibles constantemente con tasas hasta 20 Hz. La monitorización integral corre en el fondo resolviendo ambigüedades y verificando coordenadas.
- ☑ La fiabilidad es de 99.99% para líneas base hasta 30 km y el alcance es notable.
- ☑ Inicializa en segundos.
- ☑ Mide entre árboles y obstrucciones.
- ☑ Actualiza la posición cada 0.05 segundos (20 Hz).
- ☑ Latencia inferior a 0.03 segundos.
- ☑ Precisión centimétrica coherente.
- ☑ Total fiabilidad.
- ☑ Con un dispositivo de comunicación apropiado, RTK alcanza 30 km o más.



## X. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

En el periodo anterior a 1985 las diferentes funciones de los profesionales de la cartografía topográfica estaban claras. Los geodestas realizaban lecturas detalladas con instrumentos y computaban los elementos que definían la forma básica del paisaje. A partir de esta información, los topógrafos completaban los detalles en el terreno y los operadores de fotogrametría proporcionaban un mapa previo utilizando la fotografía aérea. Los cartógrafos reconducían sus esfuerzos y presentaban todos estos datos de manera atractiva, al tiempo que comunicaban la información de forma efectiva evitando cualquier tipo de ambigüedad. Otros especialistas, como los geólogos, utilizaban estos mapas como base sobre la cual volcaban aquellos detalles que tenían interés para ellos.

Sin embargo, en la última década esta estructura se ha visto trastocada por la utilización de las nuevas tecnologías; la mayor parte del trabajo que exigía un cierto nivel de destreza ha ido desapareciendo debido a la información proporcionada por los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y debido a los nuevos equipos de medición geodésica. Se han construido bases de datos en los programas de las

computadoras que les permiten producir mapas con una calidad, legibilidad y rapidez superiores a las que se obtenían con antiguas técnicas.

El uso generalizado de los ordenadores o computadoras ha dado paso al desarrollo de un nuevo grupo de instrumentos denominados Sistemas de Información Geográfica o SIG. El primero se creó en Canadá en 1965 con el fin de realizar un inventario sobre la fauna y flora de todo el país. Actualmente, existen muchos miles en funcionamiento en el mundo y su número está creciendo aproximadamente un 20% anual.

La información que se puede pedir o a la que puede responder un SIG es infinita, si se consideran todos los aspectos relacionados con la realidad física y las diferentes actividades humanas. Sin embargo, sería útil resumir sus posibilidades diciendo que es capaz de responder a los siguientes tipos de preguntas:

- Preguntas puntuales, ¿qué hay en...?: por ejemplo, ¿qué tipo de suelo existe en la latitud X, longitud Y? o ¿cuál es la población de un distrito o circunscripción electoral?
- Dirección, ¿cómo puedo ir desde... hasta...?: por ejemplo, dame instrucciones detalladas para ir conduciendo desde una calle, hasta la cierta avenida.
- Localización, ¿dónde está... verdadero/falso?: por ejemplo, ¿en qué parte del país o del mundo puedo encontrar cultivos del tipo A que crezcan en los suelos de tipo X?
- Evolución, ¿qué ha cambiado desde...?: por ejemplo, ¿cuánto ha cambiado la extensión de la selva en los últimos 20 años?
- Condición para localización, ¿qué pauta espacial existe?: por ejemplo, ¿dónde se produce la mayor concentración de mortalidad infantil debida a un tipo de cáncer determinado?
- Previsiones, ¿qué pasaría si...?: por ejemplo, ¿qué pasaría si añadimos otra carretera secundaria a la autopista que rodea la capital?, ¿cuánto se incrementaría el tráfico y dónde tendrían lugar los cambios?

Pero la verdadera ventaja de los SIG es que son los únicos instrumentos que pueden juntar la información geográfica que se han recogido de forma independiente por diferentes instrumentos (digitalizando, con bases de datos, escáner, etc.) y desde diferentes organizaciones, que tradicionalmente elaboraban esa información sólo para sus propios fines. Los SIG superponen capas con un tipo de información determinada en cada una de ellas, registrando las características de áreas comunes. Si existen dos grupos de datos de un país, como por ejemplo suelos o productividad de los cultivos, tenemos una combinación. Sin embargo, si existen 20 grupos de datos diferentes

tendríamos 120 pares de combinaciones y más de un millón de combinaciones en total. Gracias a estos sistemas podemos fusionar todas las capas en una sola y, así, utilizarse para muchos más fines que si estuvieran recogidos en bases de datos independientes.

Pero, ¿qué supone esto para la cartografía? En primer lugar constituye un verdadero desarrollo para las organizaciones cartográficas estatales, ya que asegura que sus datos se utilizarán con mayor amplitud. Pero los efectos del SIG van mucho más allá. Por ejemplo, el mapa tradicional, aunque contiene grandes cantidades de información y es más apto para la utilización sobre el terreno, presenta dificultades a la hora de extraer de él diferentes tipos de información y de combinar ésta para darle un sentido y adaptarse a las necesidades individuales. Por otro lado, el mapa sigue siendo el mejor método de representar las variaciones geográficas de un modo que pueda ser comprendido con rapidez por diferentes personas. La combinación de un SIG, "instrumento para explorar, seleccionar y analizar la información", con la cartografía automatizada está asegurando la rápida expansión de los mapas.

#### **Y. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SNIG -**

Debido a la dinámica mundial en muchos de los países en desarrollo, existe una inmensa presión para tomar decisiones respecto al manejo del crecimiento demográfico y a los recursos naturales. Para hacer frente a esta presión y para actuar adecuadamente en el ámbito político, económico, social y cultural, es requisito indispensable disponer de instrumentos efectivos y eficientes que aporten información y den precisión a la toma de decisiones en forma rápida, flexible y confiable.

En Guatemala ha existido una gran demanda de información de datos de tipo georeferenciada, relacionada con aspectos sociales, económicos y naturales, tanto a nivel nacional como regional, departamental y municipal, con el fin de facilitar la toma de decisiones para así orientar la inversión pública.

Se han desarrollado diversos esfuerzos para implementar Sistemas de Información Geográfica (SIG) y así poder satisfacer las necesidades de información existentes; lamentablemente estos esfuerzos han sido aislados, por lo que en la actualidad el costo y esfuerzo que se requieren para constituir un SIG de alcance nacional, no puede ser cubierto por una sola iniciativa o entidad y tampoco por una unidad centralizadora.

En mayo de 1999 se creó el Sistema Nacional de Información Geográfica (SNIG) para la creación de la base de datos geográfica Nacional, la cual se encarga de coordinar los esfuerzos que se requieren para promover, organizar y difundir el uso de los SIG a nivel nacional.

Los SIG han significado un gran avance en el manejo y análisis de la información, permitiendo a partir de datos espacialmente referenciados, satisfacer necesidades de información específica

El SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos especialmente georeferenciados, para resolver problemas complejos de planificación central, monitoreo y análisis que nos ayudan a nuestro mejor entendimiento del mundo. Es simplemente una herramienta muy poderosa, cada vez más utilizada, para hacer de nuestro planeta un mejor lugar donde vivir.

Los datos que pueden usarse para alimentar un SIG son el resultado de la digitalización de los mapas, fotografías aéreas, las imágenes de satélite y otras bases de datos que puedan existir en el mundo.

La misión del SNIG es facilitar información fiable, precisa, oportuna y de alta calidad de información geográfica integrada del país.

## **Z. SATÉLITE ARTIFICIAL**

Objetos puestos en órbita alrededor de la Tierra con gran variedad de fines, científicos, tecnológicos y militares. El primer satélite artificial, el *Sputnik 1*, fue lanzado por la Unión Soviética el 4 de octubre de 1957. El primer satélite de Estados Unidos fue el *Explorer 1*, lanzado el 31 de enero de 1958, y resultó útil para el descubrimiento de los cinturones de radiación de la Tierra. En los años siguientes se lanzaron varios cientos de satélites, la mayor parte desde Estados Unidos y desde la antigua URSS, hasta 1983, año en que la Agencia Espacial Europea comenzó sus lanzamientos desde un centro espacial en la Guayana Francesa.

En la actualidad hay satélites de comunicaciones, navegación, militares, meteorológicos, de estudio de recursos terrestres y científicos. Estos últimos se utilizan para estudiar la alta atmósfera, el firmamento, o para probar alguna ley física.

A finales de 1986, de los más de 3.500 satélites que se han lanzado desde el *Sputnik*, unos 300 estaban operativos. La mayor parte de ellos son satélites de comunicación, utilizados para la comunicación telefónica y la transmisión de datos digitales e imágenes de televisión. Los satélites meteorológicos fotografían la Tierra a intervalos regulares en la luz visible y en el infrarrojo, y proporcionan datos a las estaciones meteorológicas de la Tierra, para la predicción de las condiciones atmosféricas de todo el mundo. Los satélites de navegación permiten determinar posiciones en el mar con un error límite de menos de 10 m, y también ayudan a la navegación en la localización de hielos y trazado de corrientes oceánicas. El SARSAT (Sistema de satélites de búsqueda y rescate)

controla señales de socorro de barcos y aeronaves mediante una red de tres satélites estadounidenses (NOAA-9,10,11) y otros dos que fueron lanzados por la antigua Unión Soviética.

## AA. IMAGEN SATELITAL



Imagen proveniente de lecturas de satélites. Se adquieren digitalmente, esto significa que no hay necesidad de efectuar conversiones de datos, escaneos, etc. Con una preparación mínima, las imágenes quedan listas para ser cargadas directamente y utilizadas inmediatamente con un sistema SIG. En tiempo, en lo que se tarda un equipo topográfico en descargar su material o un piloto en realizar las comprobaciones previas de vuelo, un satélite de teledetección levanta una imagen de un vasto bosque o el de una ciudad entera. Además dado que los satélites se encuentran en órbitas estables, raramente tardarán más de una semana en adquirir imágenes de la zona en interés. Para zonas extensas las imágenes de satélite resultan normalmente más económicas que la fotografía aérea o las campañas topográficas sobre el terreno. El costo medio de una imagen de satélite sin procesar es inferior a un dólar por kilómetro cuadrado.

Los satélites no están limitados por fronteras políticas ni geográficas. Los satélites comerciales de teledetección se hallan en órbitas polares que les permite sobrevolar las zonas del planeta.

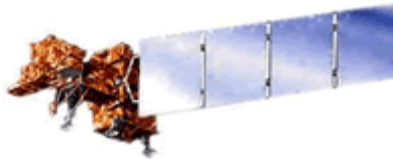
### 1.PROGRAMAS DE AYUDA PARA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

- ✓ **EASI/PACE**, Software para procesamiento de imágenes. Este software ofrece análisis multiespectral, producir mosaicos, ortorectificación con imágenes Landsat, SPOT, IRS, ERS, JERS y Radarsat. Digitalización de mapas, interpolación de puntos y vuelo en tercera dimensión entre otros.
- ✓ **ACE**, Manejo de cartografía. Diseñado para editar y generar mapas de gran calidad, es un programa de layers (varias capas).
- ✓ **RADARSOFT**, Análisis de imágenes de radar. Este software ofrece ortorectificación de Radarsat, ERS y JERS. Análisis de texturas. Compatible con EASI/PACE.
- ✓ **GEOANALYST**, Integración de sensores remotos y geología.
- ✓ **ORTHOENGINE**, Rectificación ortogonal y generación de mosaicos a través de imágenes de satélite y fotografías aéreas.
- ✓ **SPANS**, Sistema de información geográfico para modelado y análisis espacial.
- ✓ **IMAGEWORKS**, Interpretación de imágenes, proceso y corrección geométrica.
- ✓ **ArcSDE**, SDE (Spatial Database Engine) es un motor de acceso a datos geográficos orientado a objetos de alto rendimiento. Se implementa dentro de un ambiente de bases de datos relacional (RDBMS) utilizando una arquitectura cliente/servidor. El almacenamiento, control y mantenimiento de las bases de datos se encuentran totalmente embebidas en el sistema RDBMS.
- ✓ **ArcIMS**, permite integrar y publicar información geográfica y descriptiva para su publicación en Internet.
- ✓ **ERDAS Imagine 8.4**, Es un potente software de procesamiento digital de imágenes y un sistema de información Geográfica raster, fácilmente integrable con sistemas vectoriales como ArcInfo y ArcView GIS.
- ✓ **ArcView GIS 3.2 + Extensiones**, Marca un importante adelanto en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica Desktop y en la industria GIS en general. Continuando la tendencia de sus dos predecesores, de mantener la vanguardia en el desarrollo tecnológico.
- ✓ **ArcView Image Analysis**, Es un complemento de ArcView GIS bien integrado y fácil de usar, que provee un set de herramientas para la incorporación y procesamiento de imágenes de un amplio rango de fuentes a cualquier aplicación GIS de ArcView.

El precio de estos programas se encuentran alrededor de US \$5,000.00. Son compatibles entre sí y existen otra infinidad de aplicaciones dependiendo de cual sea el objetivo principal del trabajo, por ejemplo carreteras, topografía de montañas, cambios climáticos etc.

## **BB. EL LANDSAT7**

Es el satélite operacional más reciente del programa Landsat, financiado por el gobierno de los Estados Unidos.



El último satélite fue lanzado en abril de 1999 con un nuevo sensor denominado ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Su operación es administrada por la NASA y la producción y comercialización de imágenes depende de la USGS (United States Geological Survey).

Una imagen LANDSAT 7 ETM+ está compuesta por 8 bandas espectrales que pueden ser combinadas de distintas formas para obtener variadas composiciones de color u opciones de procesamiento. Entre las principales mejoras técnicas respecto de su antecesor, el satélite Landsat 5, se destaca la adición de una banda espectral (Banda Pancromática) con resolución de 15 metros. También, cuenta con mejoras en las características geométricas y radiométricas y una mayor resolución espacial de la banda térmica para 60 m. Estos avances tecnológicos permiten calificar al LANDSAT 7 como el satélite más interesante para la generación de imágenes con aplicaciones directas hasta una escala de 1:25.000, principalmente, en áreas rurales o territorios de grandes extensiones.

Las imágenes generadas por el Landsat7 adquiridas mediante el sensor ETM+ presentan una mejor relación costo-beneficio que los datos generados por satélites de resolución media (15 a 30 metros) actualmente ofrecidos en el mercado.

**1. LA ÓRBITA DEL LANDSAT 7.** El Landsat7 puede adquirir imágenes en un área que se extiende desde los 81° de latitud norte hasta los 81° de latitud sur y, obviamente, en todas las longitudes del globo terrestre. Una órbita del Landsat7 es realizada en aproximadamente 99 minutos, permitiendo al satélite dar 14 vueltas a la Tierra por día, y cubrir la totalidad del planeta en 16 días. La órbita es descendente, o sea de norte a sur, el satélite cruza la línea del Ecuador entre las 10:00 y 10:15 (hora local) en cada pasaje. El

Landsat7 está "heliosincronizado", o sea que siempre pasa a la misma hora por un determinado lugar.

Un factor importante es que el período de revolución del LANDSAT 7 es igual que el del Landsat5 (16 días), y una imagen cubre igual área (185 x 185 km por escena). La conservación de estos parámetros técnicos facilita que el proceso de captura de imágenes se pueda realizar con la misma grilla de referencia (WRS2) lo que permite una perfecta integración entre el procesamiento de las imágenes del LANDSAT 7 con datos históricos del LANDSAT 5 existentes desde 1984. Esto es especialmente útil cuando es necesario utilizar los dos tipos de datos de un mismo lugar en forma simultánea, por ejemplo, para un estudio multitemporal.

## 2. PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE EL LANDSAT 7 Y EL LANDSAT 5:

- Adición al Landsat7 de una banda Pancromática con resolución espacial de 15m.
- Perfeccionamiento del sistema de calibración radiométrica de los sensores, lo que garantiza una precisión radiométrica absoluta de 5%.
- Perfeccionamiento de la geometría de captura, lo que brinda una mayor precisión en imágenes corregidas sólo a partir de datos de efemérides de satélite generadas por el GPS de abordaje, muy próxima a la precisión obtenida con imágenes georeferenciadas con puntos de control cartográficos.

**3. BANDAS ESPECTRALES Y RESOLUCION ESPACIAL.** Las bandas del espectro visible y del infrarrojo mantienen la resolución espacial de 30m del Landsat 5 (canales 1,2,3,4,5 y 7). Las bandas del infrarrojo térmico (canales 6L e 6H) pasan a ser adquiridas con resolución de 60 metros, contra 120 metros del Landsat 5. La nueva banda Pancromática (canal 8) tiene 15 m de resolución espacial.

El siguiente cuadro comparativo ilustra las diferencias de resolución espectral entre el sensor TM del Landsat5 y el sensor ETM+ del Landsat 7. Los valores, expresados en micrones, representan los límites de longitudes de onda a los que es sensible cada banda espectral.

Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
TM	0.45	0.52	0.63	0.76	1.55	10.4	2.08	
	0.52	0.60	0.69	0.90	1.75	12.5	2.35	
ETM+	0.45	0.53	0.63	0.78	1.55	10.4	2.09	0.52
	0.52	0.61	0.69	0.90	1.75	12.5	2.35	0.90

### ☑ **LA BANDA PANCROMÁTICA – (BANDA 8)**

Es la mayor novedad del sensor ETM+ en el Landsat7. Su resolución espacial de 15 m registrado con las demás bandas, permite que las imágenes generadas a través de este sensor sean trabajadas para obtener ampliaciones hasta una escala de 1:25.000.

### ☑ **LA BANDA TERMAL – (BANDA 6)**

Genera la banda 6 con ganancia bajo (Canal 6L) y ganancia alto (Canal 6H). Esto permite varias opciones de análisis y aplicaciones, tales como la medición relativa de temperatura radiante o un cálculo de temperatura absoluta.

## **CC. PRODUCTOS DE LANDSAT7**

**1. ORTOIMAGEN.** Este nivel de procesamiento exige la intervención de un operador sobre una imagen corregida con puntos de control utilizando también un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) para corregir todas las distorsiones. El producto final consiste en una ortofotografía georeferenciada a la proyección cartográfica deseada.



**2. IMAGEN DE FUSION (MERGE).** Es una combinación de buena resolución espacial de la banda Pancromática (15 metros) con la buena resolución espectral de Landsat 7. Una correcta interpretación de la información proveniente de imágenes satelitales depende principalmente de los atributos de textura y color presentes en dicha imagen, fundamentalmente para discriminar áreas

que presentan variaciones relevantes, como tipos de vegetación y especies, patrones específicos de uso y ocupación del suelo e interpretaciones ligadas a la morfología.

Las imágenes generadas por el proceso de fusión espectral (merge) reúnen en una única imagen diferentes texturas (calidad geométrica) provenientes del canal de mejor resolución espacial (15 m de la banda PAN) y la información temática de color, resultante de la combinación de los diversos canales espectrales disponibles (en el caso del Landsat 7, 6 bandas espectrales con resolución espacial de 30 m). El resultado es una imagen con 15 metros de resolución, contra los 30 metros del producto original, con tonalidades muy similares a la composición de las bandas originales, o sea, sin alterar el contenido temático.

**3. FORMATOS Y SOPORTES EXISTENTES.** Las imágenes Landsat7 crudas o derivadas del proceso de fusión están disponibles en formato digital e impreso a requerimiento de los clientes.

- ✓ Imagen cubre 185 x 185 Km (escena completa),
- ✓ Cuadrantes (1/4 de escena, 90 x 90 Km) o
- ✓ Mini escenas de 50 x 50 Km.

#### **DD. El satélite IKONOS**

Es el primer satélite de tipo comercial que posibilita la captación de imágenes con un metro de resolución espacial. El término "IKONOS" proviene del griego y significa "imagen".



Estas imágenes son consecuencia directa de la liberación tecnológica promovida en 1994 por el gobierno de los Estados Unidos de América. Anteriormente a esa época esta tecnología estaba disponible para satélites con fines militares.

IKONOS colecta información de cualquier zona en promedio dos veces al día, cubriendo áreas de 20.000 km<sup>2</sup> en una misma pasada y produciendo como resultado imágenes de 1 metro de resolución cada tres días y de 2 m de resolución todos los días.

El satélite IKONOS pesa unos 720 kg y órbita la Tierra cada 98 minutos a una altitud de casi 680 km en forma sincronizada con el Sol, pasando sobre un determinado lugar aproximadamente a las 10:30 a.m. hora local. La órbita cubierta por el satélite se concentra lejos del área directamente debajo del recorrido del mismo, y los datos de un lugar determinado pueden ser captados casi diariamente, si bien no en todos los casos con 1 m de resolución.

La empresa Raytheon Company construyó los sistemas de apoyo terrestre, geoprocesamiento digital, manejo de archivos y servicio al cliente, requerido para distribuir la información captada por IKONOS.

El sensor digital de imágenes del satélite está diseñado para producir imágenes con elevado contraste, resolución espacial y precisión, brindando a los clientes un producto preciso y nítido. La compañía Eastman Kodak proveyó el mecanismo electro-óptico, incluyendo su ensamble con el telescopio óptico, los detectores y su ajuste al plano focal,

incluyendo asimismo el mecanismo de procesamiento electrónico de alta velocidad basado en un diseño efectuado por Space Imaging.



**Villa Olímpica, Sydney, Australia**

### 1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SATÉLITE

- ✓ Fecha de lanzamiento del satélite: 24/09/99
- ✓ Lugar de lanzamiento: Vandenberg Air Force Base, California /USA
- ✓ Altitud: 681 km
- ✓ Inclinación: 98.1°
- ✓ Velocidad: 7km/s
- ✓ Sentido de la órbita: descendente
- ✓ Duración de la órbita: 98 minutos
- ✓ Tipo de órbita: sincrónica con el sol
- ✓ Angulo de visada: rápida alternancia entre diferentes ángulos
- ✓ Tiempo de revista: 1 a 3 días
- ✓ Resolución en el terreno de cada banda:
  - ☑ Pancromática: 1m (considerando posición nominal de 26° para el nadir)
  - ☑ Multiespectral: 4m (considerando posición nominal de 26° para el nadir)
- ✓ Bandas espectrales:
  - ☑ Pan: 0.45 - 0.90  $\mu\text{m}$
  - ☑ Azul: 0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$
  - ☑ Verde: 0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$
  - ☑ Rojo: 0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$
  - ☑ Infrarrojo próximo: 0.76 - 0.90  $\mu\text{m}$
- ✓ Rango dinámico: posibilita que la información sea almacenada en 11 bits por píxel, con lo cual redundante en un mayor rango dinámico que facilita el contraste y discriminación de la información. No obstante, los productos pueden ser entregados al usuario en 8 bits por píxel.

## EE. PRODUCTOS IKONOS

1. **Pancromática 1-metro:** Posibilita a los usuarios distinguir rasgos con dimensiones tan pequeñas como 1 m.
2. **Color Multiespectral 4-metros:** Posibilita a los usuarios distinguir rasgos con dimensiones tan pequeñas como 4 m, a partir de información tomada en tres bandas del espectro visible (azul, verde, rojo) e infrarrojo.
3. **Pan-Sharpned:** Este producto combina digitalmente las imágenes pancromáticas de 1 metro de resolución con las imágenes multiespectrales de 4 metros, resultando un nuevo producto que presenta la ventaja de contar con una resolución de 1 m y con la alta resolución espectral (mayor discriminación) de las bandas del visible y/o infrarrojo, lo cual la convierte en un producto muy superior a cualquier imagen de los satélites actualmente operacionales.



**Imagen Ikonos Pan-Sharpned 1-m de un sector del Gran Buenos Aires.  
El área recuadrada corresponde al edificio del supermercado Carrefour de San Isidro.**

Dichas imágenes son comercializadas con diferentes niveles de procesamiento, tanto radiométricos como geométricos, incluyendo:

**Ikonos Geo:**

Es un producto que define el futuro de las imágenes de alta resolución; está disponible tanto para imágenes pancromáticas (1 m de resolución) como para imágenes color o multiespectrales de 4 m de resolución, lo cual resulta excelente para una variedad de análisis y aplicaciones que requieren bandas multiespectrales.

Actualmente es el producto de mayor resolución y bajo costo, fácil y rápido de visualizar. Es ideal para respuesta a emergencias, interpretación y monitoreo de cultivos, manejo de desastres, etc., que requieren informes inmediatos. También para aquellos clientes que no cuentan con la tecnología necesaria para procesar por sí mismos las imágenes.

Las imágenes son geométricamente corregidas con un error estándar (RMSE) de 25 metros, excluyendo los efectos de desplazamiento del terreno causados por el relieve. Este proceso de corrección remueve las distorsiones de las imágenes introducidas por los procesos de captura y re-muestra las imágenes a una proyección de mapas escogida por el usuario; diferentes tipos de proyecciones están disponibles (UTM, TM, Gauss Krüger, etc.). Este producto es de fácil utilización por parte de los usuarios, con o sin experiencia en procesamiento de imágenes.

☑ **Ikonos Ortorectificadas:**

Se trata de imágenes con precisiones de mapa métricas. Comparativamente, son productos menos costosos y de obtención más rápida que las tradicionales ortofotos aéreas.

Los procesos de ortorectificación remueven las distorsiones introducidas por la variabilidad y geometría de relieve y re-muestran las imágenes en una proyección de mapas escogida por el usuario.

Estos productos están disponibles en un amplio rango de niveles de precisión métrica, tanto para imágenes pancromática, color o multiespectrales y pan-sharpened:

- ✓ **Precision Plus:** es el producto más moderno para catastro urbano, planificación urbanística y aplicaciones GIS que requieren la más alta precisión geoposicional. Este producto es producido con puntos de control y un modelo de elevación digital; tiene un error (RMSE) de 1 metro, adecuado para relevamientos en escala 1:2.500.
  
- ✓ **Precision:** es el producto premium, ideal para mapeo urbano, mapeo catastral y aplicaciones GIS que requieren una alta precisión geoposicional. Este producto es producido con puntos de control y un modelo de elevación digital; tiene un error (RMSE) de 2 metros, adecuado para relevamientos en escala 1:5.000.
  
- ✓ **Pro:** es el producto adecuado para organismos gubernamentales locales, telecomunicaciones y servicios públicos que desarrollan aplicaciones tales como planificación de transporte e infraestructura, planificación de servicios públicos, desarrollos económicos y evaluaciones de sitios en general. Este producto tiene un error (RMSE) de 5 metros, adecuado para relevamientos en escala 1:10.000.

- ✓ **Map:** es adecuado para organismos gubernamentales provinciales y regionales, telecomunicaciones y servicios públicos, agricultura, forestal, geología y para aplicaciones de servicios públicos, tales como planificación de infraestructura, manejo de recursos, impacto ambiental, etc. Este producto tiene un error (RMSE) de 6 metros, adecuado para relevamientos en escala 1:25.000.
  
- ✓ **Reference:** es adecuado para relevamiento de grandes áreas y aplicaciones GIS que requieren menor precisión geoposicional. Este producto puede ser de interés para organismos gubernamentales provinciales y regionales y otras empresas, y son de gran utilidad para relevamientos de todo tipo en escala 1:50.000. Tiene un error (RMSE) de 12 metros.

## FF. APLICACIONES Y VENTAJAS DE LAS IMÁGENES IKONOS

IKONOS es el primer satélite comercial que brinda un producto de 1 m de resolución espacial. A través de la utilización de productos elaborados por IKONOS y otros satélites tales como LANDSAT, actualmente es posible:

- ✓ Los agricultores pueden monitorear con mayor precisión la condición y vitalidad de sus cultivos y predecir con mayor acierto sus volúmenes de cosecha; además, pueden prevenir problemas y ahorrar importantes sumas de dinero a través de su determinación en estados tempranos.
  
- ✓ Los científicos ambientalistas pueden predecir tendencias en áreas de elevada fragilidad ambiental.
  
- ✓ Los funcionarios de gobierno pueden monitorear, evaluar y planificar políticas de tipos específicos de utilización de la tierra.
  
- ✓ Los planificadores urbanísticos pueden evaluar los avances de planes comunales de viviendas y las compañías de seguros pueden medir y mapear daños a propiedades luego de desastres naturales.
  
- ✓ Los geólogos ya no necesitarán recurrir a vuelos fotográficos para interpretaciones geológico-estructurales. A partir de la posibilidad que ofrece IKONOS de generar

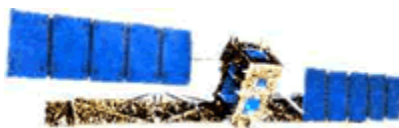
productos con elevado nivel de resolución y recubrimiento estereoscópico, estas imágenes resultan comparativamente más ventajosas que las fotografías aéreas.

## **GG. IMÁGENES IKONOS VRS FOTOGRAFÍA AÉREA**

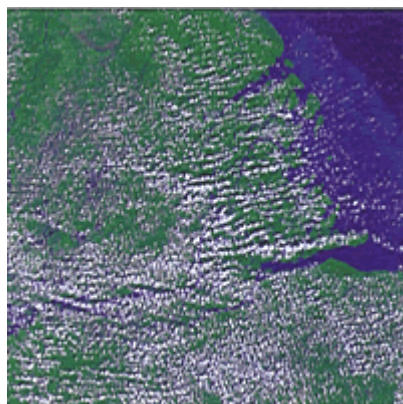
Las distintas imágenes generadas por los sensores del IKONOS tienen, para ciertas aplicaciones, algunas ventajas respecto de las fotografías aéreas, entre ellas:

- ✓ Mejor calidad métrica y geométrica ya que las fotografías aéreas originalmente son productos geoméricamente corregidos. Con los productos de IKONOS es posible obtener una ortoimagen que cubra totalmente el área de interés, a partir de sólo unos pocos puntos de control terrestre, reduciendo así considerablemente el tiempo de procesamiento. Dichos puntos de control pueden seleccionarse a partir de información precisa ya existente (intersección de caminos, líneas sísmicas, pozos de petróleo, obras de infraestructura, etc.).
- ✓ En general, no requieren procesos de unión de distintas imágenes (mosaicos).
- ✓ Mantienen uniformidad de tonalidades y contraste relacionadas con la estabilidad de las condiciones atmosféricas durante el período de captura del satélite.
- ✓ Posibilitan la visualización e interpretación estereoscópica tradicional, más la posibilidad de realizar estéreo análisis digital.
- ✓ A diferencia de las fotografías aéreas, no es necesaria la superposición lateral, con lo cual se optimiza el costo de los pares, a la vez que se facilita el manejo de los mismos y la consecuente interpretación.
- ✓ La interpretación estereoscópica digital facilita el relevamiento y la integración de la información en una base de datos georeferenciada, posibilitando la superposición y el modelado espacial.
- ✓ Permite la utilización de diferentes combinaciones de bandas espectrales, incluyendo productos en infrarrojo, lo que aumenta considerablemente las capacidades de diferenciación y discriminación.
- ✓ Resultan más versátiles y menos costosas en el momento de extracción de información mediante procesamientos digitales, tanto con filtrados direccionales para detección de estructuras, como clasificaciones o relaciones de bandas orientadas a discriminación litológica.
- ✓ Posibilitan la obtención de cartografía de alta calidad en diferentes escalas y combinaciones de bandas, a partir de composiciones de mapas que incluyen diferentes capas temáticas superpuestas, símbolos cartográficos, leyendas, etc.

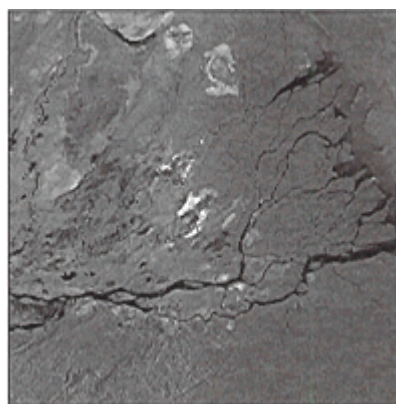
## HH. RADARSAT



Difiere de los sensores ópticos en el tipo de datos adquiridos y la forma de hacerlo. Los sistemas ópticos multiespectrales, como LANDSAT Y SPOT, son sistemas pasivos que utilizan la luz solar reflejada por la Tierra para la formación de imágenes de la superficie del planeta. Como los datos se recogen a frecuencias correspondientes al espectro visible, la presencia de nubes, polvo, humo, etc. impide obtener imágenes útiles. RADARSAT, por el contrario, utiliza un Radar de Abertura Sintética (SAR) que envía sus propias señales de microondas y procesa sus reflejos en la superficie terrestre. Al ser un sensor activo, la longitud de onda más larga facilita la penetración atmosférica y permite coleccionar datos bajo condiciones atmosféricas adversas.



Landsat TM



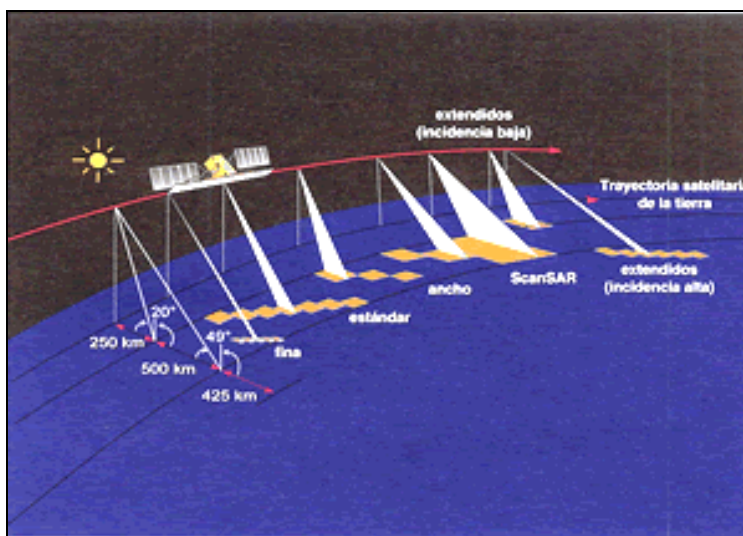
Radarsat

**1. El Satélite RADARSAT.** Radarsat, lanzado el 4 de noviembre de 1995, es el resultado de un consorcio entre el Gobierno Canadiense, la industria privada y la NASA. Su órbita heliosincrónica tiene un ciclo repetitivo de 24 días. Proporciona diariamente imágenes regulares sobre el ártico, y cada cinco días sobre latitudes ecuatoriales. El SAR utiliza únicamente la banda C de una sola frecuencia correspondiente a 5.3 GHz y puede dirigir el haz del radar hasta un alcance de 500 Km.

**2. IMÁGENES DE RADAR.** Una imagen de radar es la relación de la energía de microondas transmitida a la Tierra con la energía reflejada directamente de regreso al sensor. Esta energía reflejada se llama retrodispersión y depende de la topografía local, la rugosidad y las propiedades dieléctricas que están directamente afectadas por los niveles de humedad. Por tratarse de imágenes monobanda es posible visualizarlas únicamente en blanco y negro.

Las imágenes de radar proporcionan información valiosa a una amplia comunidad de usuarios. La geología, la agricultura y el mapeo de la cobertura del terreno son sólo algunas de las aplicaciones que se benefician con esta tecnología. Aunque no hay dos unidades de terreno iguales, existen algunas reglas generales para la interpretación de una imagen de radar. El agua es usualmente oscura debido a que su reflejo especular retorna una señal débil al satélite. Por el contrario, las zonas urbanas son siempre muy brillantes gracias a los reflejos sobre extensas superficies verticales. La información comprendida entre estos extremos se corresponderá con distintos matices de gris. Interpretando los distintos tonos, texturas y patrones sobre la imagen, es posible obtener información relacionada con la estructura geológica y litológica de la zona.

**3. ALCANCES DE LOS MODOS DEL HAZ.** RADARSAT está equipado con siete modos de haz, que posibilitan obtener imágenes con resoluciones que van desde los 8 hasta los 100 metros. El haz puede direccionarse en ángulos desde 10 a 60 grados, barriendo áreas cuyo ancho va desde 50 a 500 km. Esto permite obtener mapas a escalas de 1:1.000.000 a 1:50.000.



MODO DEL HAZ	POSICIÓN DEL HAZ	ANGULO DE INCIDENCIA (°)	RESOLUCIÓN APROXIMADA (m)	AREA NOMINAL(km)
Fina	F1 cerca	36.4 - 39.6	8	50 x 50
	F1			
	F1 lejos			
	F2 cerca			
	F2			
	F2 lejos			
	F3 cerca			
	F3			
	F3 lejos			
	F4 cerca			
	F4			
	F4 lejos			
	F5 cerca			
	F5			
	F5 lejos			
Estándar	S1	20 - 27	25	100 x 100
	S2	24 - 31		
	S3	30 - 37		
	S4	34 - 40		
	S5	36 - 42		
	S6	41 - 46		
	S7	45 - 49		
Ancho	W1	20 - 31	30	165 x 165
	W2	31 - 39		150 x 150
	W3	39 - 45		150 x 150
ScanSAR angosto	SN1	20 - 40	50	300 x 300
	SN2	31 - 46		
ScanSAR ancho	SW1	20 - 49	100	500 x 500
Extendido alto	H1	49 - 52	25	75 x 75
	H2	50 - 53		
	H3	52 - 55		
	H4	54 - 57		
	H5	56 - 58		
	H6	57 - 59		
Extendido bajo	L1	10 - 23	35	170 x 170

**4. CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES IMÁGENES.** A continuación se presentan en forma resumida las características de las distintas imágenes, tanto ópticas como radiométricas, provistas por cada satélite. En los siguientes cuadros se encuentran las imágenes que se pueden obtener dependiendo del sensor remoto.

## Imágenes ópticas y su resolución

Resolución	1m	4m	5m	10m	15m	20m	30m	80 m
Color	Ikonos	Ikonos		SPOT PAN+XS- XI	Landsat ETM+	SPOT XS/XI	Landsat TM	Landsat MSS
Blanco y negro	Ikonos	Ikonos	IRS 1-C	SPOT PAN	Landsat ETM+	SPOT XS/XI	Landsat TM	Landsat MSS

## Imágenes de radar y su resolución (RADARSAT)

Resolución	8m	25m	30m	35m	50m	100m
Modo del haz	fina	estándar extendido alto	ancho	extendido bajo	ScanSAR angosto	ScanSAR ancho

Los satélites mencionados pertenecen a distintos operadores y fueron puestos en servicio en épocas diferentes. A continuación se indican las fechas en las que fueron puestas en funcionamiento cada uno de ellos.

Satélite	Disponible desde
Landsat MSS	1972
Landsat TM	marzo de 1984
Radarsat	noviembre de 1995
Landsat ETM+	julio de 1999
Spot	1986
Irs	1996
Ikonos	enero de 2000

# V. DISCUSIÓN

## A. PROCESO CATASTRAL CON MÉTODOS TRADICIONALES Y NUEVA TECNOLOGÍA

Para producir un catastro es necesario obtener información general del inmueble en diferentes instituciones como Registro General de la Propiedad, Catastro, DICABI y Municipalidades. Este es el primer error que existe en Guatemala, dicha información no se encuentra ligada en ninguna de las instituciones, por lo tanto la información tiende a ser diferente. En este estudio se pueden obtener los datos de propietarios, ubicación, área, colindantes, anotaciones y/o gravámenes entre otros. El resultado de estos estudios debe de ser un resumen general del inmueble.

Para corroborar en campo es necesaria la ayuda de información complementaria, como planos cartográficos, planos de registro, fotografía aérea. Los planos cartográficos no han sido actualizados desde hace más de 15 años y se encuentran a escalas muy grandes. Los planos de registro, en algunos casos no existen y en otros son demasiados antiguos. Fotografía área se ha empezado a realizar en diferentes municipios desde 1999. Los datos obtenidos de estas informaciones poseen errores que se están arrastrando desde el principio.

Para la producción del catastro es necesario que la información sea obtenida en el menor tiempo posible, que sea fiable y que tenga una precisión aceptable. Es por eso que las imágenes satelitales pueden ser la solución a corto plazo, ya que pueden abarcar áreas muy extensas, poseen mucha información, se obtienen en corto tiempo, y pueden ser utilizadas directamente en PC's.

Existen diferentes programas para trabajar las imágenes, pero en general lo que hacen estos programas es trabajar en capas (layers), en cada capa puede ser almacenada cualquier tipo de información como carreteras, áreas de reserva, ríos, etc. que pueden ser observados en una sola imagen.

Las imágenes satelitales pueden ser trabajadas a diferentes escalas, al igual que sus capas. La información de capas por estar en sistemas CAD pueden obtenerse áreas, ángulos, distancias etc.

En Guatemala es necesario un catastro general de toda la República, el cual se empiece con una precisión aceptable y luego con las actualizaciones que se realicen posteriormente se llegue a la precisión deseada. En donde la fotografía aérea podrá ser utilizada para áreas pequeñas como ciudades para obtener datos más precisos. Aplicar levantamientos topográficos con sistema GPS, para obtener información de puntos directamente a PC's.

## 1. EN GUATEMALA

- a. La NASA del Gobierno de Estados Unidos realizará estudios para verificar el estado de los recursos naturales del país, especialmente en el área de Petén.
- b. La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), indicó que el programa forma parte del convenio de cooperación por cinco años, para desarrollar mapas que definan las zonas de vida, tipo de uso de tierras e hidrología, entre otros.
- c. Se estableció a través de uno de los mapas satelitales que una parte del Parque Nacional de la Laguna del Tigre presenta depredación avanzada. Las conclusiones del informe servirán de base para la toma de decisiones en materia ambiental, especialmente en el propósito de revertir progresivamente los indicadores negativos, como deforestación y contaminación.
- d. Proyectos piloto en municipios con características distintas de población, orografía y distribución de la tierra con apoyo técnico y financiero de distintos países, se han empezado en Guatemala, siendo el proceso mayor el de varios municipios en Peten con financiamiento del Banco Mundial.
- e. Debido al crecimiento demográfico en municipios vecinos a la capital, es urgente tomar medidas para el reordenamiento vehicular y del transporte, y hacer eficiente la recolección de impuestos. Con el propósito de reorganizar los límites urbanos de la capital y de los municipios vecinos y resolver problemas comunes, la Asociación de Alcaldes del Departamento de Guatemala acordó crear una comisión para que efectúe ese reordenamiento. También existe la propuesta de Anillo metropolitano, para todo esto es necesario utilizar SIG.

El catastro integral debe de estar conformado por geodesia, fotogrametría/imágenes y cartografía aplicada para garantizar exactitud, confiabilidad de ubicación, identificación, medición y descripción de los bienes inmuebles.

Actualmente se utiliza mediciones con GPS con redes geodésicas, estación total y fotogrametría digital. Todavía no se a aplicado la utilización de imágenes satelitales, por las precisiones que pide la iniciativa de ley. Aunque el uso de imágenes satelitales podrían ser muy favorables para la extensión de la republica de Guatemala, y tener una

plataforma base general y con mediciones en campo y fotografía aérea llegar a la resolución requerida.

Las ventajas de las imágenes vrs. fotografía aérea se pueden mencionar:

Cobertura global y periódica de la superficie terrestre.

Visión panorámica hasta 9,000,000 km<sup>2</sup>.

Homogeneidad en la toma de datos.

Información sobre regiones no visibles del espectro electromagnético.

Por estas razones con las imágenes de satélite podría tenerse una plataforma base en un muy corto tiempo de la república de Guatemala, para luego trabajar regiones específicas que necesiten mayor detalle e ir actualizando y mejorando el detalle de la plataforma base y llegar hasta la resolución final de detalle que se necesite en toda la república.

Las ventajas del sistema digital vrs. el analógico son:

Velocidad de ejecución.

Facilidad de almacenamiento.

Menor espacio físico.

Eliminación de algunos procesos laboriosos.

Facilidad de corrección y actualización de información.

Facilidad para transformar archivos a otros sistemas cartográficos.

Fácil manipulación.

Generación de copias de seguridad.

Dualidad de la salida de información (soporte papel o digital).

Compatibilidad de datos con sistemas SIG.

Selectividad en el uso de la información.

Ventajas que hacen más fácil y amigable el manejo, elaboración y actualización del catastro.

# VI. CONCLUSIONES

## A. NIVELES QUE DEBERÍAN SER MANEJADOS EN EL CATASTRO

NIVEL POLÍTICO

Desarrollo social

Desarrollo ambiental

Desarrollo económico

Seguridad legal

NIVEL ADMINISTRATIVO

Manejo de inmuebles

Planificación ambiental y del uso de la tierra

Proyecto de desarrollo urbano

Proyecto de infraestructura

Transacciones de inmuebles

Seguro de inmuebles

Tasación de inmuebles

NIVEL TÉCNICO

Mapeo básico

Proceso catastral

Proceso registral

Mapeo de suelos, edificios, construcciones, uso de la tierra

Valuación

## B. GENERALIDADES

1. El catastro es importante porque señala la descripción geométrica de los predios y su localización geográfica, es fuente de información sistemática de la extensión superficial, uso y tenencia de la tierra, del valor de los inmuebles, de la clase de suelos por su potencial, de los límites municipales, de los propietarios de los inmuebles, del área de influencia de las obras públicas, de la utilización actual del suelo y de las posibilidades de contribuciones impositivas.
2. El catastro es un sistema para registrar propiedad, valor y uso de la tierra es un utensilio indispensable para la economía y manejo duradero de recursos naturales.

3. La coordinación CATASTRO-REGISTRO serviría para la mejora de redes geodésicas, mapeo nacional e inclusive para tasación de inmuebles. Entre otros garantizar la propiedad, legalización de inmuebles, correcciones de información, valuación y tasación, resolución de conflictos sobre la tierra, Impuestos (IUSI) desarrollo planificado de tierras, programa de inversiones, mantenimiento del catastro-registro, etc.
4. El desarrollo urbano y rural es de gran importancia para la efectividad en la producción agrícola, industrial y particular, tener buen acceso a lugares de obra, distribución adecuada de uso de la tierra (vivienda, comercio, industria) y protección general de la flora y fauna. El uso de las tierras debería manejarse de tal manera que sea posible alcanzar un equilibrio razonable entre los intereses públicos y los privados dentro de la planificación.
5. El levantamiento catastral y la investigación de campo generan la materia prima para el análisis catastral y poder actualizar datos en el Registro de la Propiedad, ya que estos no son actualizados.
6. Una ventaja del GPS es que sus datos tanto de medición como atributos son registrados en medios magnéticos. Su sistema de registro es fácilmente exportable a los paquetes topográficos, (CAD) y sistemas de información geográfica (SIG), lo cual agiliza el manejo de los proyectos, el diseño y rediseño, disminuye el tiempo de respuesta y permite llevar un registro histórico de las actividades.
7. El proceso catastral es ajeno a plazos políticos o presupuestarios y requiere de un decidido esfuerzo a nivel nacional contando siempre con el apoyo especializado y financiero de países amigos, pero enfocados siempre al desarrollo de capacidad local.
8. Lo más importante del catastro y de la tecnología que se utilice es la actualización de la base de datos, que debe de ser un proceso diario que debe de ir de la mano del avance tecnológico.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Eckert – Greifendorff. 1961. *Cartografía*. 3ª. ed. México. 185 págs.

Ferrer, R. Et Al. 2001. *Sistema Global de Posicionamiento*. 4ª. ed. España. 321 págs.

Gerhard Larsson. 2004. *Land Registration Cadastral System*. 3ª. ed. New York. 250 págs.

Instituto Augustin Codazzi. 1988. *Levantamiento Catastra*. Colombia. 150 págs.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 1992. *La Geodesia al alcance de todos*. 122 págs.

Jorge Fallas. 1997. *Sistemas de Información Geográfica*. 2ª. ed. Costa Rica. 263 págs.

Ruseel C. Brinker. 1982. *Topografía Moderna*. 6ª. ed. Nuevo México. 174 págs.

Wichmann, Herbert. 2000. *Manual Fotográfico de bolsillo*. México Karlsruhe. 63 págs.