

**LA TOPOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA DE MEDICIÓN EN LA INTERACCIÓN  
DEL HOMBRE Y EL AMBIENTE.**

**WILSON RAMOS RONCANCIO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**LA TOPOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA DE MEDICIÓN EN LA INTERACCIÓN  
DEL HOMBRE Y EL AMBIENTE.**

**WILSON RAMOS RONCANCIO**

Monografía para optar al título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental

**Director:**  
**Ing. Esp. Richard Díaz Guerrero**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

Dedico este trabajo a Dios y a mi hermosa esposa por ser dadiva de luz, amor e incondicional muestra de apoyo.

**Wilson Ramos R.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por las bendiciones recibidas y brindarnos la fortaleza necesaria para culminar nuestros estudios.

Al ingeniero Richard Díaz Guerrero, por su actitud de respeto y servicio hacia los estudiantes y particularmente por su colaboración.

A los ingenieros:

Doris Castañeda, por su oportuna colaboración.

A mis familiares:

Luz Melba Cuevas, Carmen Roncancio, Nancy Patricia, Nubia Stella, Roberto y Jairo Alberto Ramos, por su comprensión y cuota de sacrificio.

A mis amigos y compañeros.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	17
1. MARCO TEORICO.....	20
1.1. LA TOPOGRAFIA.....	21
1.1.1 SOFTWARE DE CÁLCULO Y DIBUJO TOPOGRÁFICO:.....	35
1.1.2 APLICACIONES.....	37
1.1.2.1 Plantas de tratamiento:.....	37
1.1.2.2 Rellenos Sanitarios.....	39
1.1.2.3 Batimetría.....	40
2. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).....	42
2.1 APLICACIONES.....	44
3. FOTOGRAMETRIA.....	46
3.1 RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA.....	51
3.2 Aplicaciones.....	53
3.2.1 Conservación de los bosques y de la vida silvestre.....	53
3.2.2 Estudios geomorfológicos.....	54
3.2.3 Redes de drenaje.....	55
3.2.4 Fenómenos erosivos.....	56
3.2.5 Fotointerpretación de rocas y depósitos.....	56
3.2.6 Mapas forestales.....	57
3.2.7 Protección contra incendios.....	58
3.2.8 Registros forestales.....	58
3.2.9 Delimitación de áreas afectadas.....	60
3.2.10 Seguimiento y control de plagas y enfermedades.....	60
3.2.11 Medición de impacto ambiental en el trazado de una carretera.....	64
3.2.12 Apoyo a los trabajos selvícola.....	66
3.3 Necesidad de apoyo en campo.....	68
3.3.1 Aplicaciones.....	68

4. TELEDETECCIÓN .....	70
4.1 Los sensores de los satélites .....	73
4.1.1 Las imágenes pancromáticas .....	74
4.1.2 Las imágenes multiespectrales .....	74
4.1.3 Las imágenes hiperespectrales .....	75
4.2 Características de la imagen .....	76
4.2.1 Tipos de resolución: .....	78
4.2.2 Tamaño De La Escena/Cobertura .....	81
4.3 MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN (DEM).....	84
4.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA.....	88
4.5 APLICACIONES .....	107
4.5.1 Inventarios y cartografías ambientales .....	107
4.5.2 Estudios ambientales y análisis del paisaje .....	107
4.5.3 Análisis de riesgos e impactos ambientales .....	108
4.5.4 Modelización ambiental .....	108
4.5.5 Planificación y gestión ambiental .....	108
4.5.6 La realización de Planes de Ordenación de Recursos Naturales .....	108
4.5.7 Control de plagas.....	109
4.5.8 Estimación de la biomasa residual.....	109
4.5.9 Restauración de los sistemas forestales.....	110
4.5.10 Extinción de incendios .....	110
4.5.11 Cambios de Uso del Suelo. Inventarios de Uso, planificación de explotaciones agrícolas .....	110
4.5.12 Localización de Vertederos.....	111
4.5.13 Concentración de Contaminantes.....	112
4.5.14 Estudios de Especies.....	112
4.5.15 Impacto Ambiental de Obras.....	113
4.5.16 Análisis de erosión y sedimentación .....	114
5. CONCLUSIONES .....	115
BIBLIOGRAFIA.....	116

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Cartera topográfica .....	32
Tabla 2. Tipos de levantamiento. ....	32
Tabla 3. Archivo de coordenadas X, Y.....	93
Tabla 4. Archivo de los nodos de coordenadas .....	94
Tabla 5. Archivo de grillas.....	95

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
Grafica 1. Transito .....	23
Grafica 2. Teodolito.....	23
Grafica 3. Teodolito Electrónico .....	24
Grafica 4. Distanciómetro .....	25
Grafica 5. Estación.....	26
Grafica 6. Estación Total.....	27
Grafica 7. Nivel Locke.....	28
Grafica 8. Nivel Optomecánico. ....	28
Grafica 9. Nivel Automático.....	29
Grafica 10. Nivel automático.....	30
Grafica 11. Nivel sensor.....	30
Grafica 12. Poligonal.....	31
Grafica 13. Tipos de nivelación.....	34
Grafica 14. Software – Estación Total.....	35
Grafica 15. Software calculo poligonal.....	36
Grafica 16. . Representación de una porción de la tierra.....	36
Grafica 17. Aplicaciones Topografía. ....	37
Grafica 18. Sistema de alcantarillado. ....	38
Grafica 19. Tanque de almacenamiento. ....	38
Grafica 20. Localización Celdas.....	39
Grafica 21. Conformación Celdas. ....	39
Grafica 22. Sistema de drenaje.....	40
Grafica 23. Batimetría. ....	40
Grafica 24. Perfil lecho marino.....	41
Grafica 25. Sistema GPS.....	42
Grafica 26. Sistema De Proyecciones. ....	47
Grafica 27. Línea De Vuelo.....	48

Grafica 28. Tipos De Cámaras.....	49
Grafica 29. Recubrimiento longitudinal. ....	49
Grafica 30. Plano de referencia. ....	50
Grafica 31. Intervalo de tiempo.....	51
Grafica 32. Estereoscopio.....	52
Grafica 33. Proceso de visualización. ....	52
Grafica 34. Modelo Estereoscópico. ....	53
Grafica 35. Plano. ....	53
Grafica 36. Muestra De Un Ataque De Dryocoetesconfusus. ....	61
Grafica 37. Fotografía aérea oblicua que muestra la evolución.....	67
Grafica 38. Procesamiento de información. ....	70
Grafica 39. Sistema de teledetección. ....	71
Grafica 40. Espectro electromagnético.....	72
Grafica 41. Imagen tomada por el satélite Landsat TM de un sector del Río Amazonas.....	73
Grafica 42. Zona del Parque Simón Bolívar en Bogotá, Colombia (Imagen Ikonos Pancromática, 1m de resolución).....	76
Grafica 43. Un área común cubierta por dos imágenes de distinta resolución (derecha: Aster de 15 metros; izquierda: Ikonos de 1 metro). ....	80
Grafica 44. Resolución espectral sensores Aster Vs Lansat. ....	82
Grafica 45. Machu Pichu, Perú (Imagen QuickBird, 0.80 m de resolución). ....	83
Grafica 46. Clasificación de minerales a partir del sensorHyMap.....	84
Grafica 47. Imagen 3D creada a partir de un sensor ASTER (Combinación Infrarrojo Color y DEM generado con el par estereoscópico que dispone este satélite).....	85
Grafica 48. Imagen Ikonos Orto rectificada. Basado en “Imágenes de Satélite – Una Guía Objetiva” producida por el Business Imagen Group y Spot Imagen.....	87
Grafica 49. Componentes de un SIG.....	91
Grafica 50. Atributos no gráficos.....	97

Grafica 51. Coberturas.....	98
Grafica 52. Formato tipo ráster y vector.....	100
Grafica 53. Tipos de datos que componen un GIS. ....	101
Grafica 54. Análisis espacial. ....	105
Grafica 55. Mapa de potenciales energéticos de los residuos agrícolas. ....	109
Grafica 56. Visualización de cultivos herbáceos. ....	111

**TITULO:** LA TOPOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA DE MEDICIÓN EN LA INTERACCIÓN DEL HOMBRE Y EL AMBIENTE.

**AUTOR:** Wilson Ramos Roncancio.

**PALABRAS CLAVES:** Cartografía, Topografía, Sistema De Información Geografica

**CONTENIDO:**

En la ejecución de estudios de impacto, diagnóstico y planes de manejo ambiental, se requiere una caracterización de la zona y de una base cartográfica, con la finalidad de dimensionar el área a impactar, para ello se recurre a procedimientos topográficos convencionales o satelitales.

El desarrollo de un levantamiento topográfico, en el caso que se requiera el estudio de un área menor a 200 Hectáreas, se realiza con teodolitos digitales, estaciones totales, niveles de precisión; aplicado al diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, de potabilización, alcantarillados, el impacto ambiental generado por la construcción de una obra civil como es el caso de una vía de orden secundario, aeropuertos, la localización estratégica de una industria, el control y manejo de explotación minera, obteniendo así planos cartográficos a escala 1:50 hasta 1:2000.

Para áreas superiores a 200 Hectáreas, como el caso de la construcción de una vía de orden primario (interdepartamental), de un poliducto, el avance de una mancha de petróleo generada por un derrame de crudo en mar abierto, el índice de erosión de una zona costera, entre otros; se recurre a procedimientos de análisis e interpretación como la fotogrametría (fotografías aéreas) y la teledetección (imágenes satelitales), donde se cubre una mayor área en un menor tiempo de trabajo, obteniendo así planos a escala mayor a 1:2000.

Ahora bien, si se requiere realizar estudios a nivel fluvial o marítimo, como el caso de dragados, construcción de puertos marítimos, plataformas petroleras, se recurre a procedimientos de batimetría, donde se obtiene un perfil del fondo del lecho o del fondo marino.

Estos procedimientos aplicados a Modelos Digitales de Elevación (MDT), Sistemas de Información Geográfica (SIG), se convierten en herramientas indispensables para el modelamiento de fenómenos que permiten predecir eventos o desastres de origen antrópico o natural.

---

\*Proyecto de Grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. \_Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Ing. Richard Diaz Guerrero

**TITULO:** SURVEYING, A MEASURING TOOL FOR THE MAN-ENVIRONMENT INTERACTION.

**AUTHOR:** Wilson Ramos Roncancio.

**KEY WORDS:** Cartographic, Topographic, Geographic Information Systems

**CONTENT:**

In the execution of impact studies, diagnosis, and environmental management plans, it requires a characterization of the area and a cartographic base, with a purpose of sizing the impact area. For it, uses conventional topographic procedures or satellite.

in the event that is required a study on an area of less than 200 hectares, the development of a topographic survey is done by digital theodolites, total stations and precision levels; applied to the design and construction of a waste water treatment plant, potabilization plants, sewage system, the environmental impact generated by civil works construction such as secondary roads, airports, the strategic location of an industry, mining management and control, thus obtaining cartographic maps at 1: 50 to 1:2000.

For areas above 200 hectares, as the case of the construction of a main highway road (interdepartmental), of a pipeline, the progression of an oil slick caused by an oil spill at sea, the rate of erosion of a coastal zone, among others, is resorted to procedures for analysis and interpretation and photogrammetry (aerial photographs) and remote sensing (satellite images), which covers a larger area in less working time, obtaining scale plans greater than 1: 2000.

However, if it required to level fluvial or sea studies, as is the case dredging, building seaports, oil platforms, we use bathymetry procedures, where you get a profile of the bottom of the bed or on the seabed.

These procedures applied to Digital Elevation Models (DEM), Geographic Information Systems (GIS), become indispensable tools for the modeling of phenomenon, which can predict man-made or natural disasters events.

---

\* Project grade

\*\*Faculty: Physicochemical Engineering. School Chemical Engineering. Specialization in Environmental Engineering. Director: Mr. Richard Díaz Guerrero.

## GLOSARIO

**Aluviones:** un material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua, que puede ser repentina y provocar inundaciones.

**Biomasa:** Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. f. Biológica. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

**Distancia Focal:** La distancia focal o longitud focal de una lente es la distancia entre el centro óptico de la lente o plano nodal posterior y el foco (o punto focal) cuando enfocamos al infinito.

**Drenaje:** es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

**Dryocoetesconfusus:** es una especie de coleóptero.

**Escala:** La escala es la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa.

**Espectro electromagnético:** Referido a un objeto se denomina *espectro electromagnético* o simplemente *espectro* a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia.

**Espigones:** son estructuras que se instalan para proteger zonas rivereñas que actúan de rompeolas.

**Geomorfología:** es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre. Por su campo de estudio, la geomorfología tiene vinculaciones con otras ciencias.

**Odómetro:** es un dispositivo que indica la distancia recorrida en un viaje por un vehículo.

**Ojo de buey:** Nivel para toda aplicación, burbuja de 360° y amplia visión para una fácil lectura en todas las direcciones.

**Satélite artificial:** es una nave espacial fabricada en la Tierra o en otro lugar del espacio y enviada en un vehículo de lanzamiento, un tipo de cohete que envía una carga útil al espacio exterior.

**Sedimentación:** es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita. Un tipo común de sedimentación ocurre cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin.

**Tratamientos selvícolas:** El conjunto de prácticas que se aplican para obtener una determinada forma de masa.

**Vertederos:** Los vertederos son estructuras que tienen aplicación muy extendida en todo tipo de sistemas hidráulicos y expresan una condición especial de movimiento no uniforme en un tramo con notoria diferencia de nivel. Normalmente desempeñan funciones de seguridad y control.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la distribución espacial de variables del territorio, como por ejemplo la altitud o la precipitación, es de vital importancia en muchos estudios básicos y aplicados.

La mayor parte de la información altimétrica que se incorpora a los sistemas de información geográfica (SIG) o modelos de elevación (DTM), se origina a partir de las curvas de nivel de las bases topográficas. Adicionalmente existen otra fuentes de información altimétrica: cotas, vértices geodésicos, carreteras, líneas de divisoria aguas que deben de servir para ajustar el modelo, enriquecer determinados perfiles, verificar la calidad y coherencia del modelo.

Tampoco ha quedado remplazado el modelo digital matricial (ráster) como el que mejor se adapta a los usos derivados del DTM que se realizan dentro de las distintas aplicaciones SIG en los variados ámbitos de estudio. En efecto, el modelo ráster sigue siendo habitualmente el más funcional para cualquier análisis y modelización donde exista una dependencia espacial de la variable altitud topográfica.

Quedando justificada la actualidad de las fuentes clásicas de información altimétrica y de la utilidad y versatilidad del modelo ráster como representación del relieve, parece totalmente adecuado revisar y actualizar los procedimientos de generación del DTM a partir de isolíneas, aprovechando mejor las actuales prestaciones de los ordenadores, junto con la experiencia y evolución de los modelos anteriores.

En este trabajo se presenta un método de generación de DTM ráster, que a partir de información altimétrica de distinta naturaleza, basado fundamentalmente en

isolíneas, pero que también considere múltiples aspectos morfológicos, geométricos y topológicos durante las distintas fases de incorporación de datos, interpolación y verificación de la coherencia y calidad del modelo.

Aunque el método que se propone en esta comunicación está especializado en la generación de un DTM a partir de datos altimétricos, puede usarse sin ningún tipo de restricción para cualquier otra variable de la que se disponga de líneas de valor constante como, por ejemplo, modelos digitales de temperatura a partir de isotermas.

Durante el siguiente desarrollo se analizará en primer lugar las distintas fuentes de información posibles: naturaleza, formato y funcionalidad; en segundo lugar se explicará el procedimiento de interpolación; en tercer lugar se detallarán algunos de los mecanismos complementarios usados para el test de coherencia de las fuentes de información, el cálculo de un RMS que determine un valor objetivo de la calidad de modelo y algunos métodos complementarios para obtener una mayor continuidad entre modelos generados a partir de series cartográficas y para revisar la coherencia entre todo el conjunto de bases cartográficas usadas.

La aplicación de estos análisis a superficies a partir de observaciones puntuales resulta factible mediante el uso de técnicas más o menos complejas y superposición de mapas de valoraciones de distintos parámetros, para lo que resultan muy adecuados los sistemas de información geográfica.

Orientación de los macizos montañosos a un solo valor detectan topográficamente meso irregularidades de magnitud métrica o decamétrica, que puedan producirse dentro de un mismo sector de trabajo, es necesario hacer uso de una cartografía o MDT, cuya escala de trabajo sea adecuada a las necesidades que se planteen. No obstante parece lógico pensar que, para conseguir cartografías de calidad geomecánica, las escalas utilizadas sean tales que permitan la identificación de

las irregularidades que puedan condicionar la calidad del sector estudiado. De forma general puede decirse que escalas inferiores a 1:5.000 resultan inadecuadas para estos trabajos, porque las meso irregularidades de tamaño métrico-decamétrica pasan desapercibidas.

## 1. MARCO TEORICO

La topografía es la que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (planimetría, altimetría). Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, X, Y, Z (altura).

Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados, mostrando la elevación del terreno, las curvas de nivel es la unión de puntos con la misma cota respecto a un mismo nivel de referencia, es decir el nivel medio del mar.

La topografía no solo se limita a realizar levantamientos de campo en terreno sino que posee componentes de edición y redacción cartográfica para que al elaborar un plano se pueda entender a través del empleo de símbolos convencionales y estándares previamente determinados para la representación de los objetos naturales y antrópico en los mapas o cartas topográficas.

Indudablemente, para poder detectar topográficamente irregularidades de magnitud métrica o decamétrica, que puedan producirse dentro de un mismo sector de trabajo, es necesario hacer uso de una cartografía o Modelo Digital de Terreno (MDT). Las escalas utilizadas sean tales que permitan la identificación de las irregularidades que puedan condicionar la amplificar el sector estudiado.

Entre varias aplicaciones, actualmente el método más utilizado para la toma de datos se basa en el empleo de la estación total, con la cual se pueden medir ángulos horizontales, verticales y distancias. Conociendo las coordenadas de dos puntos base, se hace posible además calcular las distancias o el desnivel entre los mismos puntos o los que están a su alrededor.

La influencia de la topografía es quizá el elemento que ha sido más ampliamente estudiado, dando lugar a la elaboración de índices topográficos o de humedad, para predecir la humedad del suelo en función del relieve, sin embargo, la influencia de la topografía en función de distintos ambientes en los que se realice el estudio, el contenido de humedad del suelo es controlado por otros factores como la vegetación, orientación o topografía local, que están considerados como aspectos de locales de control.

### **1.1. LA TOPOGRAFIA**

Es el área que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección. 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 : Planimetría, que comprende los procedimientos para la localización de puntos sobre un plano; la Altimetría, que trata sobre la determinación de las diferencias de alturas de los puntos del terreno y Taquimetría que realiza la planimetría y altimetría simultaneas, es decir la localización de los puntos del terreno en tres dimensiones<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://cetis33topografia.blogspot.com/>

## **EL EQUIPO TOPOGRÁFICO:**

Se Puede clasificar al equipo en tres categorías:

- a. Para medir ángulos.- aquí se encuentran la brújula, el tránsito y el teodolito.
- b. Para medir distancias.- aquí se encuentra la cinta métrica, el odómetro, y el distanciómetro.
- c. Para medir pendiente.- aquí se encuentran el nivel de mano, de riel, el fijo, basculante, automático.

Es común que se piense que un topógrafo resuelve sus necesidades con triángulos, ya que puede dividir cualquier polígono en triángulos y a partir de ahí obtener por ejemplo el área, esto con la ayuda de senos, cosenos y el teorema de Pitágoras, para definir estos triángulos utiliza el teodolito, y es sabido que conociendo 3 datos de un triángulo se sabe todo de él (por ejemplo 2 ángulos y una distancia), esta información es posteriormente procesada para obtener coordenadas y poder dibujar en un programa asistido por computador (autocad Actualmente existe otro grupo de instrumentos que permiten obtener coordenadas geográficas, estos son los GPS.

**EL TRANSITO:** Instrumento topográfico de origen norteamericano para medir ángulos verticales y horizontales, con una precisión de 1 minuto (1´ ) o 20 segundos (20" ), los círculos de metal se leen con lupa, los modelos viejos tienen cuatro tornillos para nivelación, actualmente se siguen fabricando pero con solo tres tornillos nivelantes.

Para diferencia un tránsito de un minuto y uno de 20 segundos, en los nonios los de 1 minuto tienen en el extremo el número 30 y los de 20 segundos traen el número 20.

**Grafica 1. Transit**



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

**TEODOLITO ÓPTICO:** Instrumento de origen europeo, es la evolución del tránsito mecánico, en este caso, los círculos son de vidrio, y traen una serie de prismas o espejos para observar en su ocular adicional.

La lectura del ángulo vertical y horizontal la precisión va desde 1 minuto hasta una décima de segundo.

**Grafica 2. Teodolito**



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

**TEODOLITO ELECTRÓNICO:** Es la versión del teodolito óptico, con la incorporación de electrónica para hacer las lecturas del círculo vertical y

horizontal, desplegando los ángulos en una pantalla eliminando errores de apreciación, es más simple en su uso, y su calibración.

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el número de aumentos en la lente del objetivo y si tiene o no compensador electrónico.

**Grafica 3.** Teodolito Electrónico



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

**DISTANCIOMETRO:** Dispositivo electrónico para medición de distancias, funciona emitiendo un haz luminoso ya sea infrarrojo o láser, este rebota en un prisma o directamente sobre la superficie, y dependiendo del tiempo que tarda el haz en recorrer la distancia es como determina esta.

En esencia un distanciómetro solo puede medir la distancia inclinada, para medir la distancia horizontal y desnivel, algunos tienen un teclado para introducir el ángulo vertical y por senos y cosenos calcular las otras distancias, esto se puede realizar con una simple calculadora científica de igual manera, algunos distanciómetro, poseen un puerto para recibir la información directamente de un teodolito electrónico para obtener el ángulo vertical.

**LÁSER:** son muy precisos y confiables, su alcance máximo es de 200 metros, aun cuando en exteriores y distancias de más de 50 metros se recomienda contar con mira, ya que a esas distancias o con la luz del día, resulta difícil saber donde está apuntando el láser

**Grafica 4.** Distanciometro



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

**ESTACION SEMITOTAL:** En este aparato se integra el teodolito óptico y el distanciometro, ofreciendo la misma línea de vista para el teodolito y el distanciometro, se trabaja más rápido con este equipo, ya que se apunta al centro del prisma, a diferencia de un teodolito con distanciometro, en donde en algunos casos se apunta primero el teodolito y luego el distanciometro, o se apunta debajo del prisma, actualmente resulta más caro comprar el teodolito y el distanciometro por separado.

En la estación semitotal, como en el teodolito ÓPTICO, las lecturas son analógicas, por lo que el uso de la libreta electrónica, no representa gran ventaja, se recomienda mejor una estación total.

Estos equipos siguen siendo muy útiles en control de obra, replanteo y aplicaciones que no requieren uso de cálculo de coordenadas, solo ángulos y distancias

**Grafica 5. Estación**



**FUENTE:** <http://www.precisiantopografica.com/glosario.htm>

**ESTACIÓN TOTAL:** Es la integración de tres equipos: teodolito electrónico, distanciometro y computadora.

Las hay con cálculo de coordenadas: Al contar con la lectura de ángulos y distancias, al integrar algunos circuitos más, la estación puede calcular coordenadas.

Las hay con memoria: con algunos circuitos mas, se puede almacenar la información de las coordenadas en la memoria del aparato, sin necesidad de apuntarlas en una libreta con lápiz y papel, esto elimina errores de lápiz y agiliza el trabajo, la memoria puede estar integrada a la estación total o existe un accesorio llamado libreta electrónica, que permite integrarle estas funciones a equipos que convencionalmente no tienen memoria de cálculo de coordenadas.

Las hay sin prisma: Integran tecnología de medición láser, que permite hacer

mediciones sin necesidad de un prisma, es decir pueden medir directamente sobre casi cualquier superficie, su alcance está limitado hasta 300 metros, pero su alcance con prisma puede llegar a los 5,000 metros, es muy útil para lugares de difícil acceso o para mediciones precisas como alineación de maquinas o control de deformaciones etc.

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el numero de aumentos en la lente del objetivo, si tiene o no compensador electrónico, alcance de medición de distancia con un prisma y si tiene memoria o no.

Es importante a la hora de comparar diferentes equipos, diferenciar entre resolución en pantalla y precisión, pues resulta que la mayoría de las estaciones, despliegan un segundo de resolución en pantalla, pero la precisión certificada puede ser de 3 a 9 segundos, es lo que hace la diferencia entre un modelo y otro de la misma serie, por ejemplo la Set 510 es de 5 segundos y la Set310 es de 3 segundos.

**Grafica 6.** Estación Total



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

**NIVELES:** Un nivel es un instrumento que nos representa una referencia con respecto a un plano horizontal. Este aparato ayuda a determinar la diferencia de elevación entre dos puntos con la ayuda de un estadal.

El nivel de mano es un instrumento también sencillo, la referencia de horizontalidad es una burbuja de vidrio o gota, el clisímetros una versión mejorada del nivel de mano incorporando un transportador metálico permitiendo hacer mediciones de inclinación y no solo desnivel.

**Grafica 7.** Nivel Locke.



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

Nivel fijo es la versión sofisticada del nivel de mano, este en lugar de sostenerse con la mano se coloca sobre un trípode, la óptica tiene más aumentos y la gota es mucho más sensible.

**Grafica 8.** Nivel Optomecánico.



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

Este nivel presenta una problemática, y es que conforme se opera el aparato hay que estar verificando continuamente y sobre todo cuando se gira, que la gota siga centrada, esto se hace con los 4 tornillos niveladores los cuales se mueven en pares, y siempre manteniendo tensión para que el aparato no se mueva..

Este problema se resolvió con el nivel basculante, que sigue siendo un nivel fijo, pero que tiene un tornillo para ajustar la gota cada que se hace una medición, simplificando mucho el uso de 4 tornillos nivelantes, uno de los niveles más precisos es un nivel basculante, pero debe mayormente su precisión justamente a su gota y a una placa plano paralela.

**Grafica 9.** Nivel Automático.



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

Un gran adelanto se logró cuando se introdujo el compensador automático, dando lugar al nivel automático, su funcionamiento está basado en un péndulo que por gravedad, en estado estable este siempre estará en forma vertical, y con la ayuda de un prisma, este nos dará la referencia horizontal que se está buscando.

Este nivel tiene una burbuja circular (ojo de buey) que puede no estar completamente centrada, pero el compensador automático hace justamente eso, compensar, este adelanto resultó tan provechoso, que se incorporó en los teodolitos más precisos y en las estaciones totales, aun cuando su funcionamiento puede variar, el principio sigue siendo el mismo.

**Grafica 10.** Nivel automático.



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

Por último están los niveles electrónicos, estos funcionan como los niveles ópticos, y adicionalmente pueden hacer lecturas electrónicamente con estadales con código de barras, esto resulta muy práctico, ya que la medición es muy rápida, y se eliminan errores de apreciación o lectura, incluso de dedo, ya que estos tienen memoria para almacenar y procesar los datos, pueden desplegar en pantalla una resolución de décima de milímetro, y medir distancias con una resolución de un centímetro.

**Grafica 11.** Nivel sensor.



**FUENTE:** <http://www.precisiontopografica.com/glosario.htm>

Si bien un teodolito o una estación total se puede usar como nivel, las mediciones no serán tan precisas, siendo que el nivel es un instrumento especializado, pero si

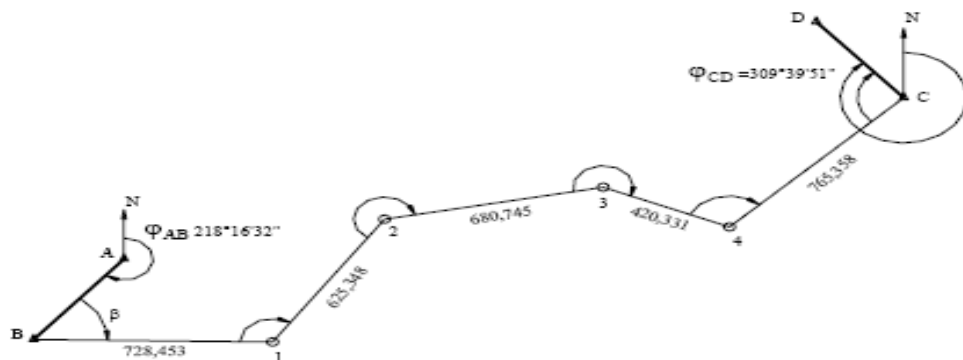
no requiere gran precisión. Se puede utilizar una estación o un teodolito ajustando el ángulo vertical a 90 grados<sup>2</sup>.

### Procesamiento y Cálculo de la Información:

Las poligonales es uno de los procedimientos topográficos más comunes. Las poligonales se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y elaboración de planos, para el replanteo de proyectos y la ejecución de obras<sup>3</sup>.

Una poligonal es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices. Para determinar la posición de los vértices de una poligonal en un sistema de coordenadas rectangulares planas, es necesario medir el ángulo horizontal en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos.

Grafica 12. Poligonal.



Fuente: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/sosarely/materias/topografia/CAP-Poligonales.pdf>

<sup>2</sup> <http://cetis33topografia.blogspot.com/>

<sup>3</sup> <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/sosarely/materias/topografia/CAP-Poligonales.pdf>

La información capturada en terreno, se consigna en formatos de este estilo:

**Tabla 1.** Cartera topográfica

Ubicación: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Equipo: Wild T1-A; cinta acero  
 Levantado por: \_\_\_\_\_ Revisado: \_\_\_\_\_ Origen de Coordenadas  
 Calculado por: \_\_\_\_\_ Punto A: (1.040,82; 1.340,16)  
 $\phi_{AB}$ : 113°13'24"

Est.	$\angle$ Medido	Ca	$\angle$ Corregido	Acimut	Dist.	Proyecciones		Correcciones		Proyecciones corregidas		Coordenadas	
						$\Delta N$	$\Delta E$	CpN	CpE	$\Delta N$	$\Delta E$	Norte	Este
A	86°56'20"	+2"	86°56'22"	113°13'24"	38,20	-15,06	35,10	-0,01	0,00	-15,07	35,10	1.040,82	1.340,16
B	162°00'10"	+2"	162°00'12"	95°13'36"	53,40	-4,86	53,18	-0,01	-0,01	-4,87	53,19	1.025,75	1.375,26
C	119°25'14"	+2"	119°25'16"	34°38'52"	96,20	79,14	54,69	-0,01	+0,01	79,13	54,70	1.020,88	1.428,45
D	74°49'34"	+2"	74°49'36"	289°28'28"	102,75	34,26	-96,87	-0,01	-0,01	34,25	-96,86	1.100,01	1.483,15
E	96°48'32"	+2"	96°48'34"	206°17'02"	104,20	-93,43	-46,14	-0,01	+0,01	-93,44	-46,13	1.134,26	1.386,29
A												1.040,82	1.340,16
$\Sigma$	539°59'50"	+10"			394,75	+0,05	-0,04	-0,05	-0,04	0,00	0,00		

Area = 9.669,19 m<sup>2</sup>

$s_{\Delta N} = +0,05$        $s_a = -10''$   
 $s_{\Delta E} = -0,04$        $Ta = 20'' \cdot \sqrt{5} \cong 45''$   
 $s_L = 0,06$        $Ca = -8a/n = +02''$   
 $s = 1:6.579$   
 $TL = 0,015 \cdot \sqrt{394,75} = 0,30$

**Fuente:** <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/sosarely/materias/topografia/CAP-Poligonales.pdf>

Una vez se calcula esta información se determina el tipo de levantamiento de acuerdo a la tolerancia obtenida tal como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Tipos de levantamiento.

Tolerancia lineal	Tipo de levantamiento
1:800	Levantamiento de terrenos accidentados, de poco valor, levantamientos de reconocimiento, colonizaciones, etc.
1:1.000 a 1:1.500	Levantamientos de terreno de poco valor por taquimetria con doble lectura a la mira
1:1.500 a 1:2.500	Levantamiento de terrenos agrícolas de valor medio, con cinta.
1:2.500 a 1:5.000	Levantamientos urbanos y rurales, de mediano a alto valor, uso de distanciómetros electrónicos
1:10.000 ~	Levantamientos geodésicos

**Fuente:** <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/sosarely/materias/topografia/CAP-Poligonales.pdf>

- **Curva de nivel:**

Línea imaginaria que une en forma continua todos los puntos del terreno que poseen una misma cota, también se puede definir como la intersección de un

plano horizontal imaginario, de cota definida, con el terreno. Las curvas de nivel poseen una serie de características, que son esenciales para su interpretación. A continuación se enunciarán las más importantes:

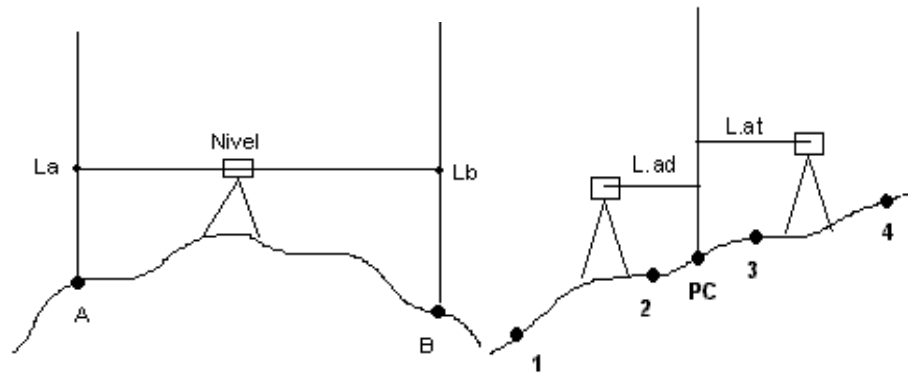
- Son líneas continuas.
- Son siempre cerradas, aunque si el sector que comprende el levantamiento es pequeño, el plano no alcanzará a tomar una curva de nivel completa.
- La distancia horizontal que separa a dos curvas de nivel consecutivas es inversamente proporcional a la pendiente.
- En las pendientes uniformes, las curvas de nivel se separan uniformemente. Si son muy cercanas en las elevaciones más altas y más espaciadas en los niveles más bajos, indica que la pendiente es cóncava. Cuando hay mayor espaciamiento en la parte más alta y cercanía en la parte inferior, significa que la pendiente es convexa.
- Una curva de nivel no puede quedar entre dos de mayor o menor cota.
- Las curvas de nivel son perpendiculares a las líneas de máxima pendiente.
- Están establecidas siempre en cotas de números enteros, generalmente en metros.
- Las curvas de nivel nunca se cruzan ni se juntan, salvo en acantilados o casos muy especiales.
- Son equidistantes, es decir, entre dos curvas consecutivas existe el mismo desnivel.
- Nivelación:

Se denomina nivelación al conjunto de operaciones que tienden a determinar las diferencias de altura del lugar físico que se desee estudiar; este lugar puede ser tanto un área, un recorrido rectilíneo o curvo, como un número determinado de puntos específicos.

- Nivelación Directa, topográfica o geométrica:

Es el método más preciso para determinar alturas, y es el que se emplea más frecuentemente.

**Grafica 13.** Tipos de nivelación.



**Fuente:** <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/sosarely/materias/topografia/CAP-Poligonales.pdf>

Para la nivelación directa se requiere un instrumento que sea capaz de dirigir hacia A y B visuales horizontales para hacer una lectura sobre la mira.

La cota requerida B se obtiene:  $CB=CA+IA-Lb$

Cuando los puntos cuya cota se desea averiguar, no son visibles, o están a gran distancia, se recurre a realizar sucesivos cambios de la posición del instrumental mediante puntos llamados de cambio, sobre los que se hace una lectura de adelante (previa al cambio) y una lectura de atrás (luego del cambio) ya que su cota es conocida. Así se van ligando las mediciones para que compatibilicen con un mismo sistema de referencia<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/sosarely/materias/topografia/CAP-Poligonales.pdf>

### 1.1.1 SOFTWARE DE CÁLCULO Y DIBUJO TOPOGRÁFICO:

**Grafica 14.** Software – Estación Total.

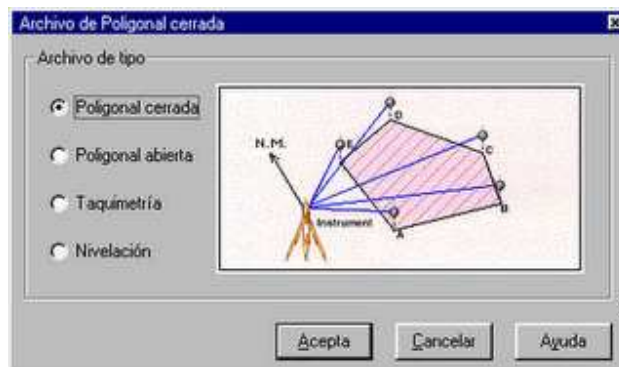


**Fuente:** <http://cetis33topografia.blogspot.com/2012/02/software-de-topografia.html>

Las nuevas generaciones de instrumentos de medición han hecho más eficientes los trabajos de campo, así mismo en los trabajos de gabinete o de oficina, el cálculo y dibujo cuenta con las herramientas del software del diseño asistido por computadora (CAD); son varios programas de aplicaciones CAD que permiten realizar el cálculo y la edición de planos de topografía.

La plataforma de diseño más empleada es Autocad, el programa CivilCAD es un software de topografía que trabaja sobre plataforma de Autocad, por su costo accesible y sencillez en su aprendizaje y manejo es de amplia aplicación en el ejercicio de la topografía. Otros programas de topografía son: TopoCal, Cartomap, GeoOpus, Autocad CIVIL 3D, etc.

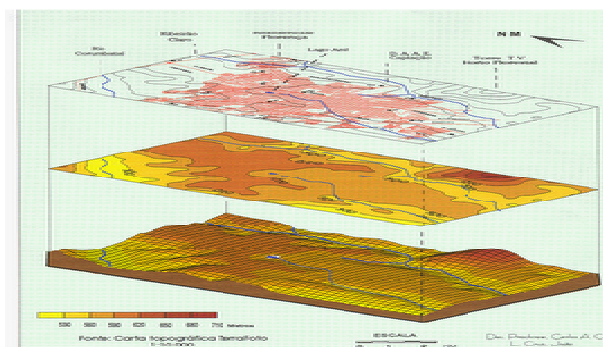
**Grafica 15.** Software calculo poligonal.



**Fuente:** <http://cetis33topografia.blogspot.com/2012/02/software-de-topografia.html>

El objeto de la topografía es el estudio de los principios y métodos para representar una porción de la tierra con todos sus detalles naturales o debidos a la mano del hombre; así mismo se requiere del conocimiento del equipo e instrumental de medición, cálculo y dibujo para ello. En general las superficies levantadas por procedimientos topográficos son reducidas (menores a una extensión de 200 Km<sup>2</sup>) por lo que no se considera el error por curvatura, efecto de la esfericidad terrestre<sup>5</sup>.

**Grafica 16. . Representación de una porción de la tierra.**



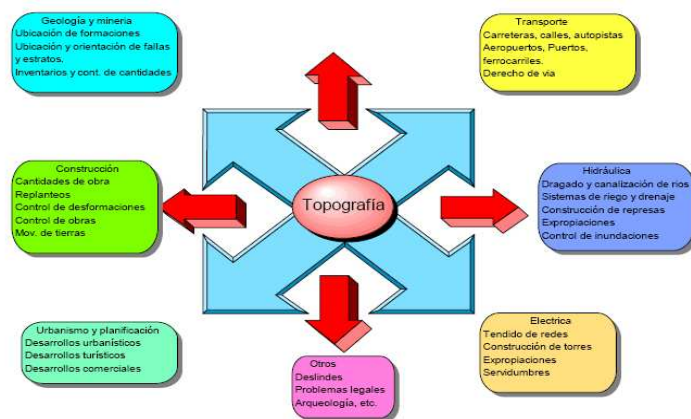
**Fuente:** <http://cetis33topografia.blogspot.com/2012/02/software-de-topografia.html>

<sup>5</sup> <http://cetis33topografia.blogspot.com/2012/02/software-de-topografia.html>

## Algunas aplicaciones de la Planimetría y la Altimetría en la Ingeniería Ambiental:

En la siguiente figura se puede apreciar la participación de los procesos topográficos a lo largo de las distintas fases de un proyecto, desde la recolección de información y producción de informes preliminares en la fase de planificación, hasta el control de operaciones y planificación de mantenimiento en la fase de operación<sup>6</sup>.

**Grafica 17. Aplicaciones Topografía.**



**Fuente:** <http://topografiadocente.over-blog.es/article-33947300.html>

### 1.1.2 APLICACIONES

#### 1.1.2.1 Plantas de tratamiento:

- Localización y replanteo sistema de acueducto, alcantarillado pluvial y/o residual:

<sup>6</sup> <http://topografiadocente.over-blog.es/article-33947300.html>

**Grafica 18.** Sistema de alcantarillado.



**Fuente:** [henryloaisiga.files.wordpress.com/2011/12/drenaje-sanitario.doc](http://henryloaisiga.files.wordpress.com/2011/12/drenaje-sanitario.doc)

- Localización y replanteo de los elementos que conforman la planta de tratamiento:

**Grafica 19.** Tanque de almacenamiento.

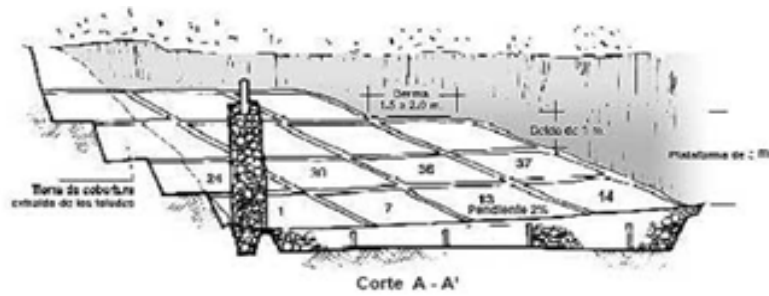


**Fuente:** [henryloaisiga.files.wordpress.com/2011/12/drenaje-sanitario.doc](http://henryloaisiga.files.wordpress.com/2011/12/drenaje-sanitario.doc)

### 1.1.2.2 Rellenos Sanitarios<sup>7</sup>

- Localización de las celdas y avance de la construcción del relleno:

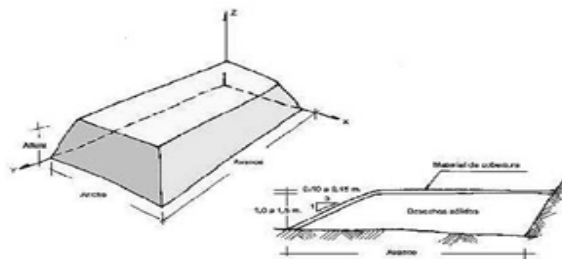
**Grafica 20.** Localización Celdas.



**Fuente:** <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1963>

- Conformación de la celda diaria:

**Grafica 21.** Conformación Celdas.

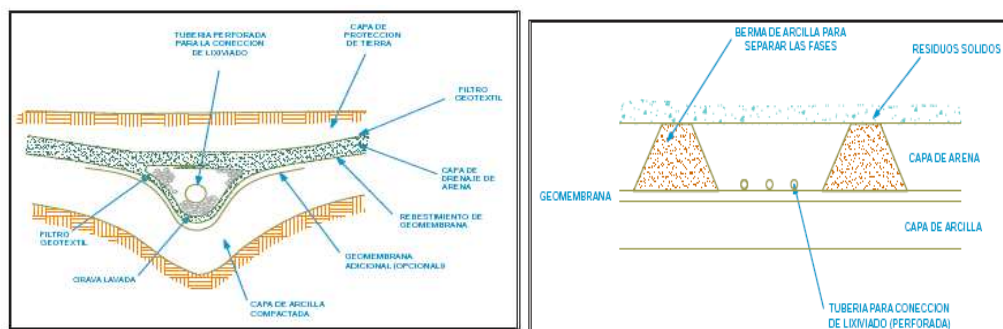


**Fuente:** <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1963>

- Disposición de sistemas de drenaje:

<sup>7</sup> Fuente: <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1963>

**Grafica 22.** Sistema de drenaje.



**Fuente:** <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1963>

### 1.1.2.3 Batimetría

Consiste en correlacionar la posición planimétrica y la determinación de la profundidad por debajo de la superficie del agua, que va a ser lo que se represente en la cartografía final<sup>8</sup>.

**Grafica 23.** Batimetría.

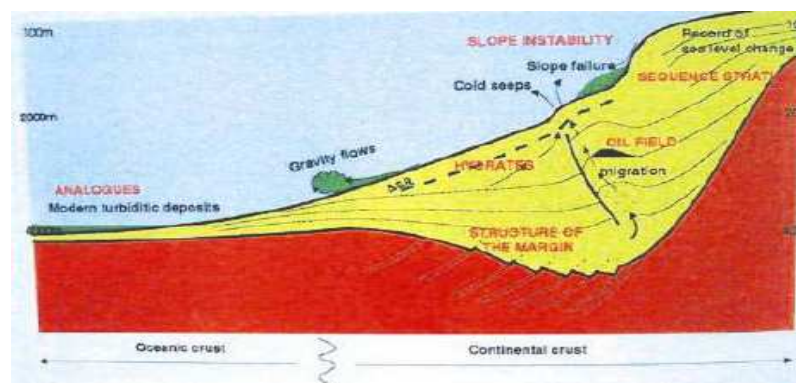


**Fuente:** <http://www.soy-jacs.com/buceo/articulos/cartografiasub.pdf>

<sup>8</sup> <http://www.soy-jacs.com/buceo/articulos/cartografiasub.pdf>

- Emplazamientos de los rompeolas, espigones, etc., con el fin de mitigar y controlar la erosión en puertos y zonas costeras.
- Simulación y predicción de movimientos de agua a través de modelos matemáticos y a partir de modelos digitales de terreno.
- Estudio y determinación de posibles vías de depósito y movimiento de sedimentos para analizar el riesgo de movimientos de los mismos, e identificar vías de deposición de contaminantes en caso de vertido.
- Estudio de los movimientos tectónicos, erupciones volcánicas.
- Estudios de flora marina y evaluación de impacto ambiental.

**Grafica 24.** Perfil lecho marino.



**Fuente:** <http://www.soy-jacs.com/buceo/articulos/cartografiasub.pdf>

## 2. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Consiste en medir la distancia desde un receptor fijo o móvil ubicado sobre la superficie a todos los satélites visibles en ese momento sobre una altura de 36 km, método Estático – Relativo, a través de una serie de constelaciones distribuidas en el espacio<sup>9</sup>.

**Grafica 25.** Sistema GPS.



**Fuente:** [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_GPS\\_Tema\\_12.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf)

- Constelación NAVSTAR → 24 satélites. Orbitan a 20200 kph.
- GLONASS → 21 satélites + 3 R. Orbitan a 19100 kph.
- GALILEO → 30 satélites. . Orbitan a 23600 kph.

El funcionamiento de los sistemas satelitales es de la siguiente manera:

- La situación de los satélites puede ser determinada de antemano por el receptor con la información del llamado almanaque (un conjunto de valores

---

<sup>9</sup>[http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_GPS\\_Tema\\_12.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf)

con 5 elementos orbitales), parámetros que son transmitidos por los propios satélites. La colección de los almanaques de toda la constelación se completa cada 12-20 minutos y se guarda en el receptor GPS.

- La información que es útil al receptor GPS para determinar su posición se llama efemérides. En este caso cada satélite emite sus propias efemérides, en la que se incluye la salud del satélite (si debe o no ser considerado para la toma de la posición), su posición en el espacio, su hora atómica, información doppler, etc.
- El receptor GPS utiliza la información enviada por los satélites (hora en la que emitieron las señales, localización de los mismos) y trata de sincronizar su reloj interno con el reloj atómico que poseen los satélites. La sincronización es un proceso de prueba y error que en un receptor portátil ocurre una vez cada segundo. Una vez sincronizado el reloj, puede determinar su distancia hasta los satélites, y usa esa información para calcular su posición en la tierra.
- Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera, con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.
- Obteniendo información de dos satélites se nos indica que el receptor se encuentra sobre la circunferencia que resulta cuando se intersecan las dos esferas.
- Si adquiere la misma información de un tercer satélite se nota que la nueva esfera sólo corta la circunferencia anterior en dos puntos. Uno de ellos se puede descartar porque ofrece una posición absurda (por fuera del globo terráqueo, sobre los satélites). De esta manera ya se tiene la posición en 3D. Sin embargo, dado que el reloj que incorporan los receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos de los satélites GPS, los dos puntos determinados no son precisos.
- Teniendo información de un cuarto satélite, se elimina el inconveniente de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes

de los satélites. Y es en este momento cuando el receptor GPS puede determinar una posición 3D exacta (latitud, longitud y altitud). Al no estar sincronizados los relojes entre el receptor y los satélites, la intersección de las cuatro esferas con centro en estos satélites es un pequeño volumen en vez de ser un punto. La corrección consiste en ajustar la hora del receptor de tal forma que este volumen se transforme en un punto.

## **2.1 APLICACIONES**

Con ayuda de la tecnología del GPS, se pueden llevar a cabo estudio aéreos de las zonas más impenetrables para evaluar su flora y fauna, topografía e infraestructura humana. Si se identifican imágenes con las coordenadas del GPS, resulta posible evaluar los esfuerzos de conservación y contribuir a la planificación de estrategias<sup>10</sup>.

Algunas naciones recopilan y utilizan esta información cartográfica para gestionar sus programas normativos, tales como el control del canon de las operaciones mineras, la determinación de líneas fronterizas y la gestión de la extracción de la madera de sus bosques.

La tecnología GPS apoya los esfuerzos por comprender y pronosticar cambios en el medio ambiente. Al integrar las mediciones del GPS con métodos de medición de operación empleados por los meteorólogos, se puede determinar el contenido de humedad de la atmósfera y elaborar pronósticos del tiempo más exactos. Además, la proliferación de puntos de rastreo de las mareas con GPS, unida a mejores estimaciones del componente vertical de la posición de dichos puntos sobre la base de las mediciones del GPS, ofrece una oportunidad singular para la observación directa de los efectos de las mareas. Los helicópteros dotados de

---

<sup>10</sup> <http://www.gps.gov/applications/environment/spanish.php>

este sistema pueden determinar el perímetro de los incendios forestales para que pueda hacerse uso eficiente de los recursos contra incendios.

Las costumbres migratorias de especies en peligro de extinción, como los gorilas de montaña de Ruanda, se rastrean y se reflejan en mapas a fin de contribuir a la conservación y propagación de esas mermadas poblaciones.

En zonas propensas a terremotos, como el Cinturón de Fuego del Pacífico, el GPS está desempeñando un papel preeminente como ayuda a los científicos para predecir los terremotos. Utilizando la información precisa de posicionamiento, los científicos pueden estudiar cómo crecen lentamente las presiones a lo largo del tiempo para tratar de caracterizar y, quizás en un futuro, predecir los terremotos.

Otro de los beneficios es la generación productos informativos esenciales. Dado que los datos del GPS están en formato digital, y se puede tener acceso a ellos en todo momento y en cualquier parte del mundo, resulta posible captarlos y analizarlos con gran celeridad. Por lo tanto, es posible completar el análisis en cuestión de horas o días, en lugar de al cabo de semanas o meses, con lo que se garantiza que el producto final sea más pertinente. Habida cuenta del ritmo de los cambios contemporáneos, ese ahorro de tiempo puede ser crítico.

### 3. FOTOGRAMETRIA

Es el arte de obtener medidas precisas por medio de fotografías con el fin de determinar las características geométricas de los objetos fotografiados.

Es necesario definir que un mapa y fotografía aérea, un mapa es, por definición geométrica, una proyección ortogonal del terreno sobre un plano horizontal. Una fotografía aérea vertical es, por el contrario, una proyección central del terreno, en la que el centro perspectivo es el centro óptico del objetivo. Una fotografía aérea se define como vertical, cuando las inclinaciones que sufre el eje de toma respecto a la vertical, o sea, el ángulo formado por el punto principal el centro del objetivo y el punto nadir, tiene valores próximos a  $1^\circ$  y rara vez excede al valor de  $3^\circ$ .

La fotografía aérea vertical no constituye un plano, excepto cuando el terreno es llano y horizontal y el eje de toma del vuelo rigurosamente vertical, en cuyo caso, la imagen es semejante al terreno, con razón de semejanza  $c/H$ , siendo<sup>11</sup>:

$c$  = distancia principal de la cámara.

$H$  = altura de vuelo sobre el terreno.

RFte: Apuntes Fotogrametría básica Rodrigo Orellana Ramírez relieve del terreno

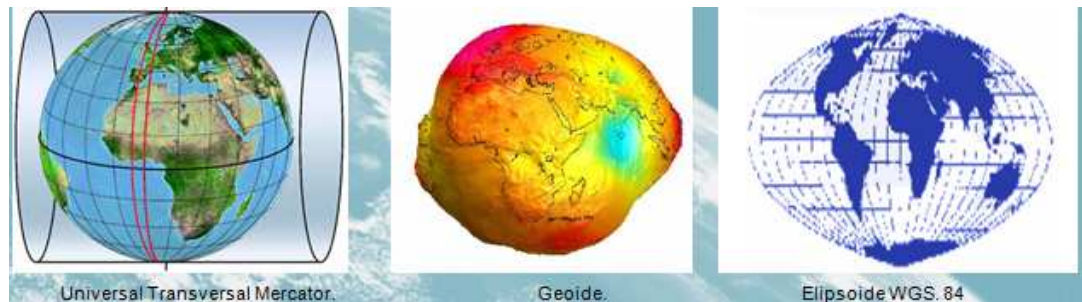
El procedimiento para realizar trabajos con base a la fotogrametría es el siguiente:

- Definir la proyección y el elipsoide:

---

<sup>11</sup> [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

**Grafica 26.** Sistema De Proyecciones.



**Fuente:** [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

- Diseño del plan de vuelo:

Delimitación del área a fotografiar (Caracterización).

Establecer puntos de foto control.

Placas geodésicas

Nivelación geométrica.

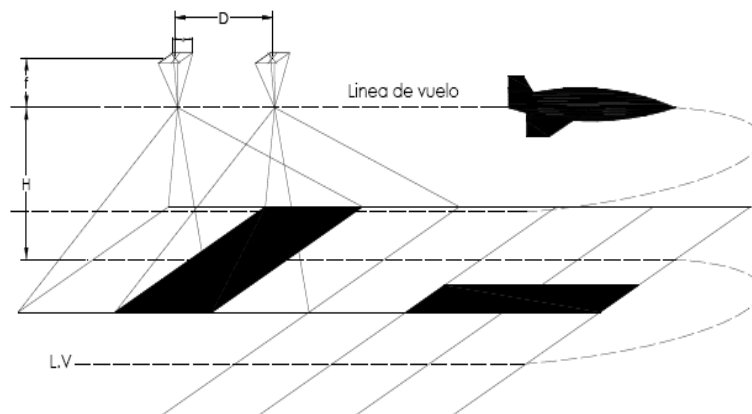
Condiciones atmosféricas y de iluminación ideales: es un factor muy incierto, lo ideal es que la atmosfera se encuentre libre de nubes o bruma. Cuando el Sol se encuentra a una altura que no haga proyectar demasiadas sombras sobre los objetos (mayor a  $30^\circ$  sobre el horizonte), la velocidad del viento y los aires turbulentos a la altura de vuelo sean mínimos, ya que estos pueden causar errores considerables como la desviación de la dirección del vuelo o cabeceos y alabeos del avión.

Dirección de las líneas de vuelo: se recomienda tomar la dirección de los ejes Norte - Sur y Este - Oeste, pero si estos no son posibles, entonces la recomendación estará en relación al sentido largo del terreno o en el sentido de las montañas, con el fin de evitar maniobras inútiles del avión que afectaría los costos del proyecto.

**Tipo de avión:** bimotor con suficiente potencia en sus motores para ascender y descender con toda seguridad y alcanzar la altura de vuelo de proyecto y mantener la velocidad de crucero aproximadamente a 161 Km / hr.

Además la posición de estos motores deberá ser tal que los humos contaminantes que arroja por el escape no pasen por el lente de la cámara, en cuanto a la posición de las alas deberá de ser tal manera que no obstruya la toma de imágenes.

**Grafica 27. Línea De Vuelo.**



Fuente: [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

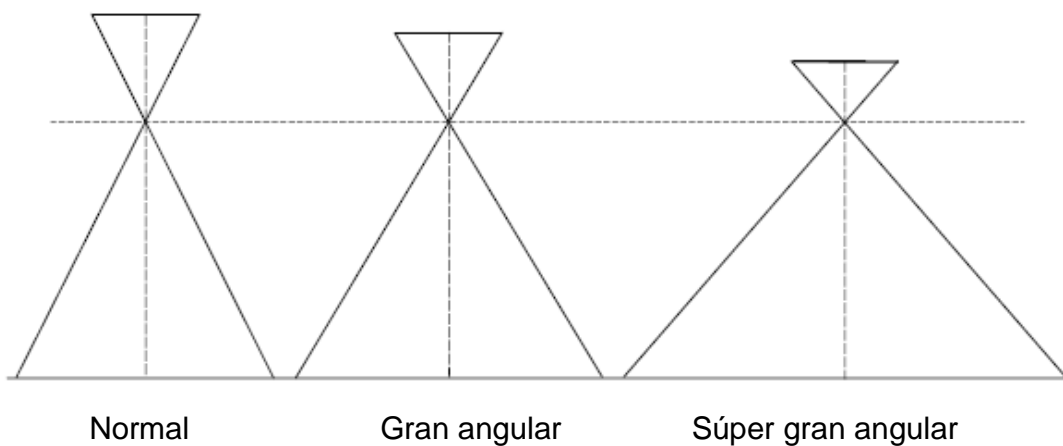
**Tipo de cámara:**

Normal: distancia focal: 300 mm.  $\theta = 60^\circ$ . Se requiere para trabajos de gran precisión, actualización catastral.

Gran angular: distancia focal = 150 mm.  $\theta = 90^\circ$ . Se utiliza para trabajos donde se requiera un mayor rendimiento económico.

Súper gran angular: distancia focal = 88.5 mm.  $\theta = 120^\circ$ . Es de gran utilidad para zonas relativamente planas o no muy accidentadas (medición de curvas de nivel).

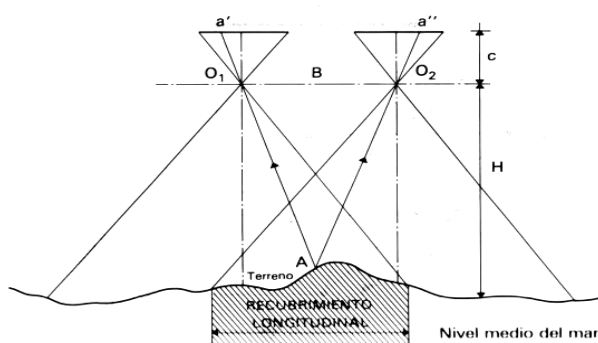
**Grafica 28.** Tipos De Cámaras.



**Fuente:** [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

Los traslapes necesarios para este formato (23cm \*23cm), longitudinal 60%, lateral 30%. Los cuales son los que utiliza el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

**Grafica 29.** Recubrimiento longitudinal.

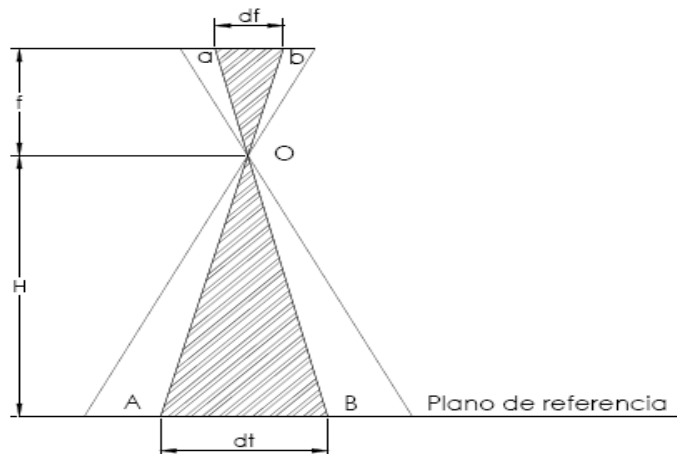


**Fuente:** [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

**Escalas:** esta nunca es exactamente uniforme, ya que se ve afectada por los anteriores factores incluyendo la topografía del terreno. Por lo tanto, la escala de fotografías aéreas verticales será constante solo para un mismo plano horizontal

imaginario, denominado plano de referencia (P.R) y la resultante se denomina escala absoluta.

**Grafica 30.** Plano de referencia.



**Fuente:** [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

De acuerdo a la siguiente relación se determina la altura de vuelo, la cual se mide en pies (ft).

$(\text{Escala media fotografía} / 2) = \text{Altura vuelo (ft)}$ . → A menor altura vuelo mayor toma de detalle.

Escala mapa=1:2000 – Escala media fotografía ~ 1:10000 – Altura vuelo=5000ft.

Escala mapa=1:25000 – Escala media fotografía ~ 1:40000 – Altura vuelo=20000ft

Número de fotos por línea: se obtiene de dividir la longitud del terreno entre el avance longitudinal por foto en el terreno más dos fotografías extras (una antes y otra después de la toma) con el fin de asegurar una cobertura eficiente.

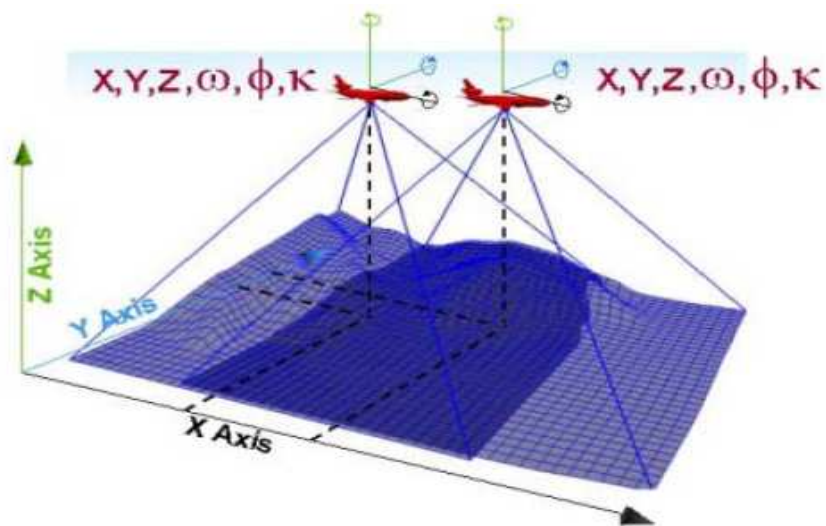
**Número de líneas:** la cual se determina en sentido lateral, existe un traslape de 30% de los 23 cm (formato foto), quedando una cobertura efectiva de  $23.0 * 0.7 =$

16.1 cm, este valor se multiplica por el modulo escalar y así se obtiene la cobertura en km.

**Intervalos de Tiempo:** se determina para garantizar un correcto traslape longitudinal y lateral, para lo cual es necesario conocer los intervalos de tiempo entre toma y toma, con base a la velocidad del avión, el avance longitudinal se determina el tiempo entre toma y toma.

Tiempo entre toma foto = Distancia recorrida / Velocidad Avión.

**Grafica 31.** Intervalo de tiempo<sup>12</sup>.



**Fuente:** [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria\\_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf)

### 3.1 RESTITUCIÓN FOTOGAMÉTRICA

Es el conjunto de operaciones que se realiza con el objetivo principal de transferir toda la planimetría y altimetría de un modelo estereoscópico a un plano ortogonal a escala, es decir la restitución implica la conversión de la proyección cónica de la

<sup>12</sup> [http://www.cartografia.cl/download/apuntes\\_fotogrametria.pdf](http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf)

fotografía aérea a la proyección ortogonal en el plano, con sus respectivos ajustes de escala y posición<sup>13</sup>.

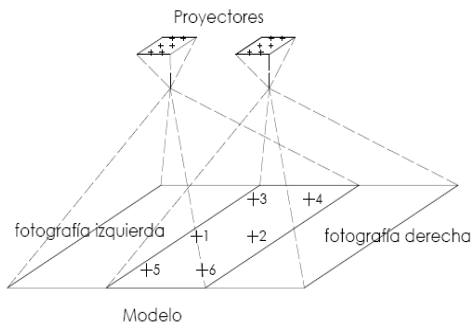
**IMAGEN AEREA EN PROYECCION CONICA + PROCESO FOTOGRAFOMETRICO) = PLANO ORTOGONAL A ESCALA → APLICACIÓN Y / O EJECUCIÓN PROYECTO.**

**Grafica 32.** Estereoscopio.



**Fuente:** [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria\\_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf)

**Grafica 33.**Proceso de visualización.



**Fuente:** [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria\\_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf)

<sup>13</sup> [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria\\_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf)

**Grafica 34.** Modelo Estereoscópico.



**Fuente:** [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria\\_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf)

**Grafica 35.** Plano.



**Fuente:** [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria\\_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria3.pdf)

## 3.2 APLICACIONES

**3.2.1 Conservación de los bosques y de la vida silvestre** En los estudios de conservación de los bosques, la condición de la misma se puede estimar, directamente en las fotografías aéreas. Su evaluación detallada y la de las condiciones del suelo, de todos modos, requiere normalmente comprobación en el campo. Así pues, las fotografías aéreas se usan comúnmente como base sobre la

cual recoger la información a pie de monte. La fotointerpretación directa de las condiciones de conservación requiere fotografías de alta calidad y gran escala, a ser posible utilizando películas de color.

En general, los usos son similares a los descritos para las aplicaciones estrictamente forestales en las que la información referente a topografía, suelo, agua, vegetación y otros factores del hábitat se puede obtener de las fotografías. Pese a todo, son posibles los censos de la vida silvestre para animales de gran tamaño en bosques abiertos o semi abiertos y para aves acuáticas en aguas abiertas. Ambos tipos requieren fotografías especiales<sup>14</sup>.

**3.2.2 Estudios geomorfológicos** Es sabido por todos los forestales que la importancia de la geología de un terreno concreto sometido a estudio es capital, siendo invariablemente objeto de un capítulo en la memoria de cualquier proyecto de ingeniería ambiental. Su importancia deriva del hecho de que un determinado sustrato, sometido a unas determinadas condiciones climáticas a lo largo del tiempo, genera un determinado tipo de suelo con unas propiedades físico – químicas que condicionan el tipo de cubierta vegetal que sobre él pueda asentarse. Además, la geología determina las características constructivas de una zona y sus cualidades para que sobre ella puedan construirse obras civiles. Pero, del mismo modo que ocurre en la evolución de los suelos, tienen lugar fenómenos erosivos que van configurando las formas del terreno y las redes de drenaje.

La fotografía aérea en este campo, como en los ya mencionados, ofrece sus mejores resultados cuando su estudio se combina con el necesario trabajo de campo que, eso sí, se reduce considerablemente. Así, sobre una fotografía sólo se

---

<sup>14</sup> [http://es.scribd.com/jessica\\_chicaiza/d/87556870/76-Conservacion-de-los-bosques-y-de-la-vida-silvestre](http://es.scribd.com/jessica_chicaiza/d/87556870/76-Conservacion-de-los-bosques-y-de-la-vida-silvestre)

pueden identificar fácilmente, sin otra ayuda, los materiales más simples, como son granitos, yesos o pizarras, pero sin poder precisar su naturaleza concreta. Otra ventaja de la fotografía aérea es la posibilidad que ofrece de delimitar automáticamente cualquier afloramiento que, pasando inadvertido sobre el terreno, aparece nítidamente en la fotografía. Esto permite el trazado de mapas geológicos muy precisos y completos en cuanto al emplazamiento de los distintos afloramientos<sup>15</sup>.

Sin embargo, también existen inconvenientes. La fotografía aérea sirve de poco para el análisis litológico, es ineficaz en zonas cubiertas por un manto vegetal denso, y no es capaz de realizar estudios finos, con localización de afloramientos pequeños, al no quedar reflejados en las fotografías, dependiendo de su escala, ciertos detalles. Por este motivo es recomendable apoyar el estudio de las fotografías con trabajo de campo, procedimiento bajo el cual se obtendrán los mejores resultados.

**3.2.3 Redes de drenaje** La delineación de las redes de drenaje es muy fácil en climas áridos y puede hacerse con gran detalle. En climas húmedos y lluviosos, donde una espesa cubierta vegetal cubre los cauces, los valles con fondo en forma de V son utilizados para delinear los cursos de agua, pero los detalles pequeños no son visibles.

Incluso se pueden obtener evidencias de la red interna de drenaje si se sabe reconocer las dolinas y las hoyas, que suelen aparecer bajo formas constantes en función de la naturaleza del terreno. Las dolinas son los elementos más útiles para indicar áreas calizas. Sobre las fotografías aéreas son fácilmente visibles, y su forma, distribución y tipos de transición se pueden seguir y evaluar.

---

<sup>15</sup> ibid

**3.2.4 Fenómenos erosivos** Las zonas donde el proceso de erosión es rápido se observan directamente en las fotografías por su apariencia desnuda, presencia de cárcavas, declive de la pendiente y tonos brillantes. En los demás casos hay que recurrir al estudio de sus tres formas principales: laminar, por surcos y por cárcavas, todos los cuales, con mayor o menor dificultad, pueden identificarse sobre fotografías aéreas. Una aplicación muy importante es la de comparar fotografías de la misma zona, tomadas con un intervalo aproximado de 10 años y determinar el progreso de la erosión. Es necesario, para no llegar a resultados erróneos, que la escala y calidad de la fotografía se mantenga, así como la época de vuelo.

**3.2.5 Fotointerpretación de rocas y depósitos** En relación con la fotointerpretación de rocas y depósitos se puede establecer que:

- La presencia de estratificación en la fotografía indicará la existencia de rocas sedimentarias.
- Redes de drenaje completamente superficiales, muy ramificadas y poco espaciadas reflejan la impermeabilidad propia de las pizarras.
- La presencia de formas especiales como surcos, canales, trincheras y dolinas es propia de los sustratos calizos.
- La aparición de escarpes abruptos y angulosos en zonas no muy húmedas indican la presencia de areniscas.
- En el caso de las rocas ígneas, la identificación de las extrusivas se basa en su forma, contrastando con la de las intrusivas, como el granito, que se logra considerando drenaje, textura, carácter masivo de la roca, etc.
- La fotointerpretación de las rocas metamórficas suele ofrecer mayor dificultad, sobre todo en escalas pequeñas. En general la mayor pendiente de las laderas metamórficas sirve para diferenciarlas de las graníticas. Gneises, mármoles, esquistos y serpentinas presentan características diferenciadas que permiten su identificación sobre fotografías aéreas.

**3.2.6 Mapas forestales** Puesto que la gestión forestal implica la gestión del territorio, los mapas que muestran el estado y condición del mismo proporcionan registros esenciales en los que se basa la práctica forestal. Se pueden usar muchos tipos de mapas: mapas planimétricos simples mostrando caminos, redes de drenaje, etc., mapas topográficos, mapas catastrales mostrando límites de propiedades, mapas de usos del suelo, mapas de riesgo de incendio y otros.

Los mapas forestales encuentran su aplicación en el inventario, en la elaboración de los planes de gestión, planes de corta, planes de control de incendios y planes de control de avenidas, en la evaluación de los daños producidos por distintos agentes, en la conservación del suelo y de los recursos hídricos, en los estudios de usos del suelo, en el emplazamiento de zonas de recreo en el monte y en la gestión del pastoreo, por ejemplo.

Las fotografías aéreas son útiles en la preparación de cualquier tipo de mapa usado para cualquier propósito. De todos modos, no toda la información deseada se puede obtener de las fotografías. Carreteras, delimitaciones y a veces límites de propiedades se pueden ver en fotografías aéreas. Otra información como límites de propiedad completos, información detallada de las masas, suelos y vegetación se debe obtener en campo. El valor de las fotografías en la elaboración de mapas dependerá por tanto del tipo y de la cantidad de información requerida.

Las fotografías aéreas son particularmente útiles en la preparación de mapas planimétricos simples, mapas topográficos. En campo, los mapas topográficos son ayudas valiosas para el ingeniero que ejecute el aprovechamiento, y éstos se pueden construir económicamente por procedimientos fotogramétricos.

Aunque buena parte de la información requerida sobre tipos de masa y clases del arbolado se puede obtener de las fotografías, otra información deseable sólo puede ser recabada en el campo. En cualquier circunstancia se suele necesitar la

comprobación en terreno, aunque sólo sea para garantizar la precisión de la fotointerpretación.

**3.2.7 Protección contra incendios** En el campo general de la protección contra incendios, las fotografías aéreas y el reconocimiento visual aéreo son de gran importancia en la planificación de las labores de prevención, en las labores de extinción y en las evaluaciones del daño producido.

El uso de fotografías en la preparación de planos y mapas topográficos para las actividades de control del fuego es obvio. Se deduce que los mapas especiales que destacan esos aspectos de la vegetación y de la topografía de particular importancia en la extinción de incendios se pueden desarrollar también mediante técnicas fotogramétricas. Por ejemplo, se pueden construir mapas de tipos de combustible. Se pueden preparar con antelación estereogramas que recojan las áreas del monte críticas para que se puedan proporcionar al personal cuando se necesiten.

Las aeronaves se han usado en la detección de incendios durante mucho tiempo, así como en el transporte de hombres y suministros para la lucha contra los mismos. Sirven como una completa fuente de información en fuegos activos y como auxilio en la comunicación de instrucciones a la línea de fuego.

El daño real al bosque por causa del fuego se registra normalmente con claridad en las fotografías aéreas. Los incendios recientes generalmente quedan registrados en tonos extremadamente oscuros en las películas pancromáticas. El tono se aclara, de todos modos, tan pronto como la nueva vegetación se establece y se hace extremadamente claro una vez que ésta cubre por completo el suelo.

**3.2.8 Registros forestales** Las fotografías aéreas constituyen un registro permanente, de fácil archivo y disponibilidad, del estado de un monte en el momento de la toma de la fotografía.

Contienen una riqueza de información que no puede reducirse a un mapa, descripción o cualquier otra forma de registro. Un archivo de fotografías actualizado y bien clasificado en el gabinete, bien puede ahorrar la mitad del tiempo del administrador forestal. Se pueden responder muchas preguntas simplemente a través del estudio de las fotografías utilizando el estereoscopio cuando se requiera una visita del bosque.

Las fotografías son útiles para mostrar la condición actual de determinadas zonas y el estado de las operaciones a cualquier persona no familiarizada con la actividad forestal. Los estereogramas y los impresos en tres dimensiones son particularmente útiles para este propósito.

Se puede instruir fácilmente a los capataces forestales y a otros trabajadores a partir de las fotografías. Los problemas se pueden entender mucho más rápido, las soluciones se pueden alcanzar mucho antes, y las instrucciones se pueden seguir más explícitamente si se dispone de una visión estereoscópica del área considerada. Las decisiones del administrador forestal se tomarán sobre una base completamente informada.

El mantenimiento de registros actualizados no plantea problemas. Sólo se requieren vuelos fotogramétricos de alta precisión cada 10 años. De todas formas, en el período intermedio, incendios, defoliación por insectos, cambios en la vegetación de la zona de estudio serán registrados en fotografías auxiliares. Estas fotografías se pueden superponer a las anteriores fotografías, más precisas, para producir mapas con un razonable nivel de detalle. Las empresas madereras encuentran en la fotografía aérea un medio más eficiente y más barato para mantener registros que el muestreo de campo.

En muchas zonas de terreno relativamente llano, las mismas fotografías se utilizan como soporte del registro, sin la preparación de mapas. Áreas de corta incendios,

desarrollo de redes viarias y diversas actividades silvícolas y de gestión se superponen a ellas para constituir los registros permanentes.

Las fotografías aéreas también son útiles en cualquier tipo de investigación de usos del suelo. Se pueden usar para registrar la localización de parcelas de muestreo, para registrar las condiciones de parcelas en un momento dado, y para planear nuevas investigaciones. Su uso facilita la planificación y ejecución de prácticamente todos los tipos de investigación forestal. Proporcionan un insuperable material ilustrado.

**3.2.9 Delimitación de áreas afectadas** La localización de límites es esencial en la definición de áreas afectadas. Las técnicas de seguimiento mediante fotografía aérea se pueden usar para cartografiar los límites existentes, para relocalizar límites perdidos y para establecer nuevos límites.

Puesto que estos límites deben ser localizados con exactitud, es deseable el máximo grado de precisión posible. Son deseables escalas grandes, se debe efectuar un control en el suelo, se deben emplear los instrumentos más precisos y los cálculos para la localización de puntos.

**3.2.10 Seguimiento y control de plagas y enfermedades** La utilidad de la fotografía aérea en este campo de la ingeniería ambiental se basa en la diferente reflexión de la radiación electromagnética que presentan las hojas de los árboles dañados frente a la de los árboles sanos. Uno de los síntomas más evidentes que reflejan la existencia de un ataque es la progresiva decoloración de las hojas, que también puede ser reflejo de condiciones de stress de cualquier otro tipo en las plantas.

Estas diferencias en la reflectancia espectral son causadas por alteraciones fisiológicas y finalmente acaban reflejadas en el fotograma.

**Grafica 36.** Muestra De Un Ataque De Dryocoetesconfusus.



**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/74741387/77/Estudios-geomorfologicos>

Las regiones del espectro electromagnético donde se registran estos cambios son la visible y la del infrarrojo cercano, y como es en esta última región donde la pérdida de reflectancia es más acentuada, el tipo de fotografía más adecuado para esta aplicación es la infrarroja, que además conviene que sea en color porque así habrá una mayor distinción de tonos por parte del ojo humano. Así, en las películas de falso color los árboles sanos se ven como morado o rojo, mientras que los enfermos o moribundos toman un color verde azulado en dichas películas, o no aparecen, si ya han perdido todo el follaje muerto. El color rojo otoñal aparece como amarillo, y el amarillo como blanco.

Como se recoge en otra parte de este capítulo, la utilidad más importante de la fotografía aérea en el ámbito forestal es en la realización del inventario. Como quiera que el nivel de existencias de un bosque o la calidad de sus recursos maderables puede variar drásticamente de un año a otro debido a diversas causas como incendios, vendavales, heladas, nevadas, plagas o enfermedades, se hacen necesarias técnicas que permitan identificar en tiempo real y con precisión estas alteraciones, contribuyendo de este modo a una gestión eficaz. En este sentido, se ha propuesto la fotografía aérea como técnica de actualización del inventario

forestal entre dos inventarios oficiales consecutivos, puesto que el intervalo de tiempo entre ambos puede resultar excesivo para un aprovechamiento óptimo.

Así, las fotografías se pueden usar para detectar y descontar los árboles muertos. Otras aplicaciones en este contexto son:

- Identificación de aquellas áreas con un nivel de daño tal que requieran la aplicación de tratamientos químicos u otras medidas de control para prevenir una excesiva mortandad de árboles y, por tanto, una pérdida de volumen aprovechable.
- Evaluar la eficacia de tratamientos con pesticidas.

Las características de color que se han comentado anteriormente sólo son apreciables cuando la resolución es elevada, cosa que se consigue realizando fotografías de gran escala. Los mayores logros en el uso de fotografías aéreas para detectar daños en bosques debidos a plagas se han conseguido con escalas grandes (1:600 – 1:2.000), si bien en algunos casos particulares se han cartografiado correctamente infecciones con escalas de hasta 1:32000. Sin embargo, también es posible detectar zonas severamente defoliadas dentro de masas puras o casi puras en fotografías de gran escala (incluso superior a 1:100000) tomadas a gran altura mediante un estudio detallado de las mismas apoyado en trabajos de campo.

El desarrollo de la informática y la tecnología digital ha supuesto un nuevo modo de enfocar la fotogrametría. El proceso de análisis de las imágenes por parte del intérprete ha sido sustituido por el de digitalización de la imagen y análisis de la misma a través de programas informáticos adecuados, apoyándose en cálculos estadísticos. En la búsqueda de técnicas digitales para estudiar ataques recientes de plagas.

Como en los árboles sanos se producen variaciones de color dependiendo de la estación del año en que se encuentre, también es conveniente fijar de manera apropiada y justificada la época en que se realizan las fotografías para la detección de daños por enfermedades o plagas. Todos los autores parecen coincidir en que los mejores resultados se obtienen realizando el estudio en la época en la que se alcanza el máximo daño. Esta época normalmente sólo es de unas pocas semanas, y depende del ciclo biológico de la plaga, de la estación y de la climatología. Esta variabilidad exige un conocimiento importante de la masa que se desea controlar para programar los vuelos en el momento apropiado.

Donde se requiera un seguimiento periódico, se ha de intentar llevar a cabo los estudios en el mismo estado fenológico. En cualquier situación, un selvicultor puede encontrarse con una gran variedad de agentes que pueden en un momento dado causar algún daño a los árboles gestionados. El rango es amplio, desde insectos o cualquier otro tipo de fauna, enfermedades o contaminación atmosférica a daños provocados por excursionistas.

El problema aparece, para la persona que debe estudiar las fotografías aéreas, por el hecho de que varios síntomas pueden ser causados por un mismo agente y un mismo síntoma puede ser causado por varios agentes diferentes. Exceptuando aquellos casos en los que se puede relacionar inequívocamente un síntoma con un agente de daño (escobas de brujas producidas por hongos o zonas quemadas por los incendios) se requiere de un apoyo de campo muy exhaustivo para determinar el agente causante de un determinado daño en los árboles.

Se podrían evitar muchos problemas en nuestros bosques mediante la aplicación de prácticas silvícolas apropiadas, una vez que el selvicultor y el entomólogo o, en su caso, el patólogo, se pongan de acuerdo en dichas prácticas con el objetivo de disminuir o incluso anular la amenaza que pueda suponer el agente implicado en cada caso.

Centrarse demasiado en el estudio de uno solo de los agentes que dañan las masas puede ocasionar efectos secundarios no deseados al ignorar otras muchas posibilidades. Por ejemplo, una determinada afección puede estar provocada por la acción conjunta de un insecto y de un agente contaminante que puede originar buena parte del daño observado.

Cuando un árbol es dañado, esto ha de manifestarse de alguna forma. Hay dos formas en las que puede verse afectado: o sufre algún daño fisiológico o el daño es morfológico, o los dos a la vez. Un daño en la morfología supone algún cambio en su forma externa o internamente, como una pérdida de hojas provocada por un defoliador, o pérdidas de ramas, o incluso un colapso de sus elementos conductores. Los daños fisiológicos son aquellos que impiden al individuo realizar las funciones básicas para sobrevivir. Entre ellos está la pérdida de capacidad fotosintética por una disminución en el contenido de clorofila o deterioro de los cloroplastos, o un estrés hídrico. Los daños no son observables inmediatamente, pero llega un momento en que el daño primario acaba repercutiendo sobre el conjunto del individuo y esto hace que su detección sea más fácil. Un daño en la morfología acaba causando daños en las funciones fisiológicas y viceversa. De esta forma uno de los síntomas más fácilmente observable cuando un árbol resulta dañado es un cambio en su signatura espectral<sup>16</sup>.

**3.2.11 Medición de impacto ambiental en el trazado de una carretera** La localización preliminar de carreteras se puede efectuar a partir del examen estereoscópico de las fotografías aéreas. Se pueden evaluar y medir con precisión las laderas si es necesario. Se pueden así mismo estimar las condiciones de la geología y de los suelos. Se pueden reconocer las formas del terreno y las características topográficas menores y estudiar los cauces de agua y las condiciones de humedad del suelo.

---

<sup>16</sup> <http://es.scribd.com/doc/74741387/77/Estudios-geomorfologicos>

La localización final es posible a partir de medidas cuidadosas de fotografías aéreas y de mapas topográficos construidos a partir de ellas.

El primer paso en el proyecto de una carretera es el reconocimiento del área para determinar posibles trazados. Esto se hace mejor sobre mapas topográficos existentes o a partir de mapas topográficos nuevos desarrollados a partir de fotografías aéreas de pequeña escala, 1:25000 o menor. Dentro de la zona servida por la carretera propuesta, se estudia una faja de un ancho aproximadamente igual a la mitad de la longitud de la carretera para localizar posibles trazados alternativos. Estas alternativas, una vez dibujadas en el mapa, son examinadas por un experto en fotogrametría, por un especialista en suelos y un ingeniero ambiental, de cuyos informes se elige el trazado o trazados más viables para un análisis más profundo.

El segundo paso consiste en la construcción de un mapa de escala mayor. Las fotografías previamente tomadas se utilizan para trazar mapas topográficos de los trazados elegidos y sus alrededores. La escala del mapa debe ser en este caso 1:5.000 o mayor, y la equidistancia deseable es de 5 m o menor. En el trazado de las curvas de nivel, el fotointerprete advertirá cualquier evidencia de afloramientos rocosos, desprendimientos, áreas encharcadas, pendientes y otros datos que contribuyan a la ubicación final de la carretera. También se tomarán varios puntos de referencia gracias a los cuales el ingeniero en terreno se puede ubicar a sí mismo. El mapa construido y las fotografías son utilizados por el ingeniero para proyectar el trazado preliminar y visitar la zona<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA\\_11\\_FOTOGAMETRIA\\_Y\\_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria\\_cap\\_libro.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA_11_FOTOGAMETRIA_Y_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria_cap_libro.pdf)

**3.2.12 Apoyo a los trabajos selvícola** En el campo de la silvicultura, las fotografías aéreas sirven de ayuda en varios aspectos, especialmente en el registro de la historia de las masas, en la prescripción de tratamientos para las mismas y en el seguimiento de la regeneración.

La fotografía aérea proporciona un registro en un momento dado del tamaño, condición y estado del monte. Después de un intervalo de tiempo, un vuelo posterior proporciona un registro de los cambios en el monte. Por ejemplo, fotografiar un área después de las cortas permitirá la evaluación de la extensión y forma de la corta, masa residual, ancho de copa de los pies residuales, cantidad y distribución de las talas, escarificación del suelo como consecuencia del desembosque y cantidad de regenerado existente. Vuelos sucesivos cada 5 a 10 años mostrarán el progreso y desarrollo de los árboles residuales y del regenerado, y servirá como base para la prescripción de tratamientos culturales. A los equipos de limpieza se les puede proporcionar fotografías oblicuas mostrando la cantidad y distribución de las talas para guiar su trabajo.

La historia de las masas se puede leer frecuentemente en las fotografías aéreas. Los inventarios forestales convencionales a menudo proporcionan escasa información sobre el estado de las clases inmaduras. Sin embargo, el conocimiento de las condiciones y potencialidades del arbolado joven puede ser de gran importancia para el propietario forestal. Además, estas informaciones son esenciales antes de poder elaborar planes efectivos para el desarrollo selvícola del bosque.

En fotografías oblicuas a baja cota, el estado de las plantaciones se puede determinar con rapidez y precisión. El tamaño de copa medido en las fotografías se puede usar para determinar el vigor relativo de los árboles individuales dentro de una determinada clase de edad, dirigiendo así al forestal hacia aquellos rodales que necesitan una entresaca más inmediata. Las áreas que requieren plantación

se pueden localizar y delimitar en las fotografías aéreas. La clase y cantidad del material de plantación necesario se puede calcular normalmente a partir de la información de la foto, apoyada solamente por un rápido chequeo en campo.

La imagen estereoscópica suministra más información sobre la naturaleza de un bosque de la que se puede recoger a partir de un mapa, de notas de campo o de cualquier otra fuente. En realidad, en muchos casos se puede obtener más información sobre las copas a partir de las fotografías que a partir de trabajos de campo.

En el seguimiento del regenerado, las fotografías aéreas son útiles porque su empleo reduce en gran medida la cantidad de trabajo de campo y porque las mismas fotografías proporcionan una base excelente sobre la cual delimitar las áreas con distintos grados de existencias. Sin embargo, es difícil reconocer el regenerado de especies de hoja caduca en fotografías aéreas durante el período invernal e igualmente es difícil distinguir entre el regenerado de las distintas especies. Como resultado se requiere un considerable trabajo de campo en dichos seguimientos.

**Grafica 37.** Fotografía aérea oblicua que muestra la evolución



Fuente: <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/fotogeol.html>

El pequeño tamaño de los arbolitos y la necesidad de reconocer la cantidad y tipos de la vegetación competidora indican que se debe disponer de fotografías de gran escala con buena resolución si se quiere utilizar la fotointerpretación para reducir el trabajo de campo. En general, las fotografías más apropiadas para este propósito son las de escala comprendida entre 1:5 000 y 1:10 000<sup>18</sup>.

### 3.3 NECESIDAD DE APOYO EN CAMPO

Todos los autores (Héller, 1978; Murtha, 1978; Weber, 1972) coinciden en que, para que las estimaciones de daño sean fiables, es necesaria una investigación previa y posterior en la zona estudiada para relacionar los distintos valores de color de las imágenes con los distintos niveles de daño de los árboles. En caso de utilizar fotografías de escala grande para evaluar el daño en sitio, puede prescindirse del apoyo de campo.

Sin embargo, cuando se trabaja con escalas pequeñas (tanto fotografías como imágenes digitales de sensores remotos), la asignación de un significado a cada nivel de intensidad siempre tiene que apoyarse en parcelas de control localizadas expresamente en la zona. El trabajo de campo es imprescindible en muchos casos para poder georreferenciar las imágenes.

**3.3.1 Aplicaciones** La principal finalidad del estudio de los efectos de las plagas o de la contaminación atmosférica en determinadas áreas es poder delimitar las zonas que han sido atacadas. Dentro de las zonas marcadas como dañadas es importante asignar distintos niveles de daño para facilitar y optimizar cualquier acción que a posterior se deba realizar.

---

<sup>18</sup> <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/fotogeol.html>

El estudio de la fotografías se puede realizar de forma simplemente visual, en combinación con técnicas automáticas, o exclusivamente mediante éstas. En este último caso será necesaria de todos modos la participación del observador en las últimas fases de análisis de resultados.

Las imágenes aéreas abarcan grandes áreas que no pueden estudiarse fácilmente desde tierra.

El diseño de los vuelos depende de la altura de los mismos, de la topografía, de la velocidad del avión y del nivel de precisión deseado. Cuando las áreas afectadas son pequeñas, son difíciles de ver y de registrar correctamente desde distancias grandes en mapas de escalas pequeñas. Los vuelos para cartografiar de visualización se organizan por equipos (un piloto y uno o dos dibujantes) en pequeños aviones o avionetas. Los equipos vuelan sobre líneas de vuelo predeterminadas y representan en el mapa todas las áreas de daño en las categorías que se hayan establecido para llevar a cabo el estudio.

En otros casos, para realizar mapas de daños, se divide la zona atacada según el grado que presente. Después es conveniente demarcar las zonas no afectadas para evitar posibles errores.

Las imágenes con los mapas superpuestos se pueden digitalizar para tratarlas con un SIG y editar posteriormente cartografía temática de la zona<sup>19</sup>.

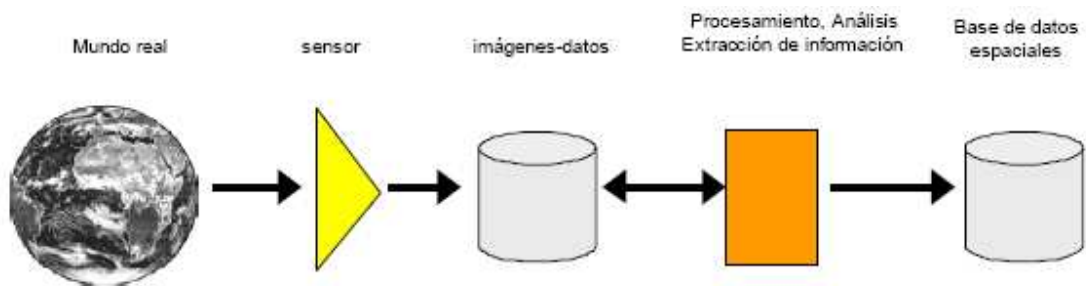
---

<sup>19</sup> [http://es.scribd.com/jessica\\_chicaiza/d/87556870/84-Necesidad-de-apoyo-en-campo](http://es.scribd.com/jessica_chicaiza/d/87556870/84-Necesidad-de-apoyo-en-campo)

## 4. TELEDETECCIÓN

Es la adquisición de información a pequeña o gran escala de un objeto o fenómeno, ya sea usando instrumentos de grabación o instrumentos de escaneo en tiempo real inalámbricos o que no están en contacto directo con el objeto (como por ejemplo aviones, satélites, astronave, boyas o barcos). En la práctica, la teledetección consiste en recoger información a través de diferentes dispositivos de un objeto o un área. Por ejemplo, la observación terrestre o los satélites meteorológicos, las boyas oceánicas y atmosféricas, las imágenes por resonancia magnética (MRI en inglés), la tomografía por emisión de positrones (PET en inglés), los rayos-X y las sondas espaciales son todos ejemplos de teledetección. Actualmente, el término se refiere de manera general al uso de tecnologías de sensores para adquisición de imágenes, incluyendo: instrumentos a bordo de satélites o aerotransportados<sup>20</sup>.

**Grafica 38.** Procesamiento de información.



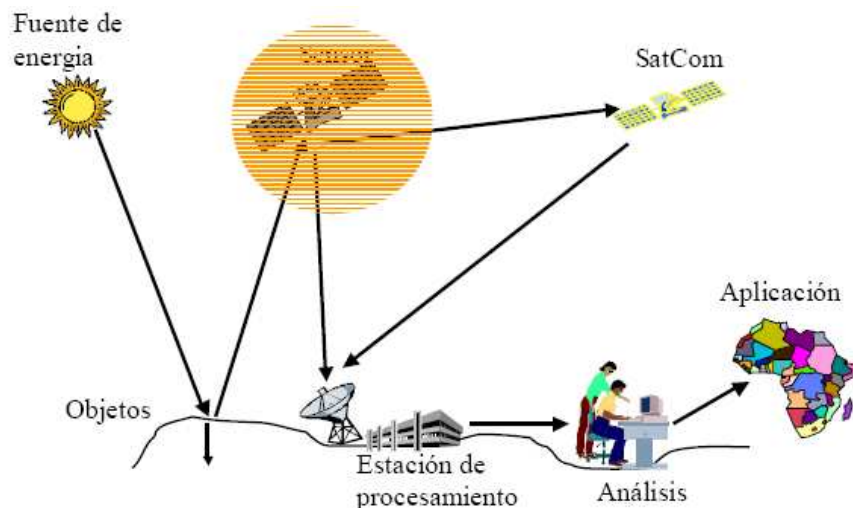
**Fuente:** <http://webpages.ull.es/users/marbelo/rs1.pdf>

La técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre, desde sensores instalados en plataformas espaciales, con base a la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, siendo la fuente

<sup>20</sup> <http://webpages.ull.es/users/marbelo/rs1.pdf>

de radiación bien proveniente del sol (teledetección pasiva) o del propio sensor (teledetección activa)<sup>21</sup>.

**Grafica 39.** Sistema de teledetección.



**Fuente:** <http://webpages.ull.es/users/marbelo/rs1.pdf>

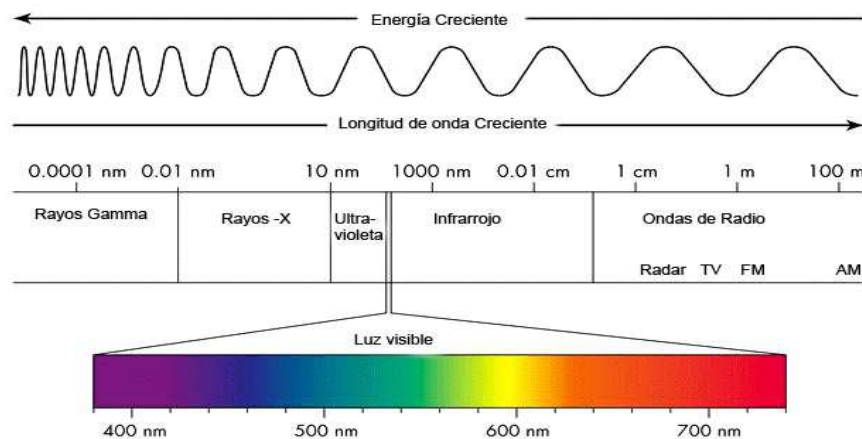
Casi todos los satélites comerciales de teledetección captan imágenes utilizando sensores digitales que funcionan según los mismos principios que las cámaras digitales que han invadido últimamente el mercado de gran consumo. Al igual que una cámara digital, un sensor de satélite no posee película. En su lugar, cuenta con miles de detectores diminutos que miden la cantidad de radiación electromagnética (es decir, energía) que refleja la superficie de la Tierra y los objetos que hay en ella. Estas mediciones se denominan espectrales. Cada valor de reflectancia espectral se registra como un número digital. Estos números se transmiten de nuevo a la Tierra donde un ordenador los convierte en colores o matices de gris para crear una imagen que se parece a una fotografía.

<sup>21</sup> <http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/teledete.htm>

Dependiendo de la sensibilidad para la que han sido concebidos, los sensores miden la reflectancia de la energía en las partes visible del espectro electromagnético del infrarrojo cercano, medio y térmico, y de microondas. La mayoría de los satélites de teledetección miden la energía en longitudes de onda del espectro muy específica y bien definida.

Es en este punto es donde la comprensión del concepto de imagen espectral es decisivo para poder apreciar todo el valor de las imágenes digitales de satélite y entender cómo se diferencian entre sí los diferentes tipos de imágenes. Las mediciones de reflectancia y las imágenes que se obtienen a partir de ellas ofrecen una representación muy exacta de como aparecerían a la observación directa los detalles y objetos del terreno, en cuanto a la forma, tamaño, color y la apariencia visual de conjunto. Es lo que se conoce como contenido espacial de la imagen.

**Grafica 40.** Espectro electromagnético.



**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

Pero aún más importante quizás es que las imágenes digitales muestran algo más que simples informaciones espaciales. Las medidas de reflectancia revelan el contenido mineral de las rocas, la humedad del suelo, la salud de la vegetación, la

composición física de los edificios y miles de otros detalles invisibles al ojo humano. Es lo que se denomina contenido espectral de la imagen de satélite. Tal información espectral es visible para el sensor digital debido a la reflectancia de energía que éste mide. La densidad, el contenido de agua, la composición química y otros factores y características no visibles de un objeto específico de la superficie, influyen globalmente en cómo interactúa la energía con dicho objeto en diversas longitudes de onda del espectro y en cómo se refleja en él. El sensor digital mide esta interacción espectral, que a su vez proporciona la comprensión de tales estados y características invisibles<sup>22</sup>.

**Grafica 41.** Imagen tomada por el satélite Landsat TM de un sector del Río Amazonas.



Fuente: [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

#### 4.1 LOS SENSORES DE LOS SATÉLITES

La diferencia entre información espacial y espectral es muy importante porque se trata del primer paso para elegir entre los dos tipos fundamentales de imágenes de satélite: pancromáticas y multiespectrales

---

<sup>22</sup> [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

**4.1.1 Las imágenes pancromáticas** se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia de energía en una amplia parte del espectro electromagnético (con frecuencia, tales porciones del espectro reciben el nombre de bandas). Para los sensores pancromáticos más modernos, esta única banda suele abarcar lo parte visible y de infrarrojo cercano del espectro. Los datos pancromáticos se representan por medio de imágenes en blanco y negro. Tienen las siguientes aplicaciones:

- Localizan, identifican y miden accidentes superficiales y objetos, principalmente por su apariencia física, es decir, forma, tamaño, color y orientación.
- Identifican y cartografían con precisión la situación de los elementos generados por la acción del hombre, como edificios, carreteras, veredas, casas, equipamientos de servicios públicos, infraestructura urbana, aeropuertos y vehículos.
- Actualizan las características físicas de los mapas existentes.
- Trazan los límites entre tierra y agua.
- Identifican y cuantifican el crecimiento y desarrollo urbano.
- Permiten generar modelos digitales de elevación de gran exactitud.
- Catalogan el uso del suelo.

**4.1.2 Las imágenes multispectrales** se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia en muchas bandas. Por ejemplo, un conjunto de detectores puede medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano. Es posible incluso que dos series de detectores midan la energía en dos partes diferentes de la misma longitud de onda. Estos distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color. Los satélites de teledetección multispectrales de hoy en día

miden la reflectancia simultáneamente en un número de bandas distintas que pueden ir de tres a catorce. Tienen las siguientes aplicaciones:

- Distinguen las rocas superficiales y el suelo por su composición y consolidación.
- Delimitan los terrenos pantanosos.
- Estiman la profundidad del agua en zonas litorales.
- Catalogan la cubierta terrestre

**4.1.3 Las imágenes hiperespectrales** se refieren a un sensor espectral que mide la reflectancia en muchas bandas, con frecuencia cientos. La teoría en lo que se apoya la detección hiperespectral es que la medida de la reflectancia en numerosas franjas estrechas del espectro permite detectar características y diferencias muy sutiles entre los rasgos de la superficie, especialmente en lo que se refiere a vegetación, suelo y rocas.

- Captan imágenes en zonas frecuentemente cubiertas por nubes, nieblas o inmersas en constante oscuridad.
- Localizan iceberg y hielo marino; cartografían otros estados de la superficie oceánica, como corrientes, olas, y poluciones petrolíferas.
- Cartografían aspectos del terreno muy sutiles, como tallas y pliegues.
- Permiten detectar y cartografiar cambios en la superficie terrestre debidos por ejemplo al crecimiento de la vegetación, a variaciones de la humedad del suelo, actividades agrícolas o forestales (v.g. labranza, deforestación), o incluso debidos a movimientos sísmicos (v.g. fallas, temblores, etc.)<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> ibid

**Grafica 42.** Zona del Parque Simón Bolívar en Bogotá, Colombia (Imagen Ikonos Pancromática, 1m de resolución).



**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN

Los términos ráster y vector se emplean con frecuencia para describir los datos geospaciales. Las imágenes digitales de satélite son conjuntos de datos rasterizados, lo que significa sencillamente que la imagen está comprimida en numerosos y diminutos elementos de imagen o píxeles que cubren la totalidad del área de la escena. Los conjuntos de datos vectoriales, por contraste, son mucho más abstractos y están compuestos por puntos, líneas y polígonos.

Por la propia naturaleza del proceso digital, las imágenes de satélite son del tipo ráster. Los sensores electro-ópticos exploran la tierra efectuando medidas de la energía electromagnética reflejada por miles de áreas terrestres definidas con exactitud. Tales áreas poseen una dimensión, llamada distancia de muestreo de

tierra (GSD) y se corresponden con la resolución espacial y el tamaño de los píxeles.

Por ejemplo, si un sensor tiene una GSD de 10 metros, ello significa que en su franja de imagen mide la reflectancia sobre una superficie de 10 x 10 metros. Si se trata de un sensor multiespectral, mide la reflectancia en varias bandas de distinta longitud de onda para cada área de 10 x 10 metros. Un píxel, o elemento de imagen, es la unidad más pequeña de imagen creada a partir de estas mediciones. A cada píxel se le asigna un valor, o número digital, basado en las medidas de reflectancia. Esta es la razón de que el tamaño de los píxel se relacione con la GSD.

Durante el tratamiento de las imágenes, el ordenador convierte el valor de reflectancia de cada píxel en una escala de grises o de grado de brillo de color. La escala de gris monocromática se utiliza para representar imágenes pancromáticas puesto que éstas se componen de valores de reflectancia en una sola parte del espectro o banda. Esta es la razón por la cual las imágenes pancromáticas suelen ser en blanco y negro.

En las imágenes multiespectrales, cada píxel tiene un color que se crea combinando niveles de brillo en rojo, verde y azul que se corresponden con los valores de la reflectancia en tres bandas diferentes. Las imágenes multiespectrales parecen fotografías en color debido a dicha combinación.

Cada píxel posee información espacial y espectral, lo cual significa que se pueden identificar visualmente accidentes y objetos del terreno por su apariencia física. Por ejemplo, un edificio cuadrado aparecerá cuadrado y una parcela agrícola redonda mostrará así mismo dicha forma.

En lo que se refiere a la información espectral, la intensidad del color de la imagen revela también información. Por ejemplo, si se ha elegido el color rojo para

representar la reflectancia del infrarrojo cercano de una imagen, objetos tales como la vegetación verde, que reflejan totalmente la energía en esa longitud de onda, aparecerán de color rojo brillante.

Otros niveles de brillo corresponden a la reflectancia en otras bandas.

La interpretación de imágenes puede ir desde la simple inspección visual hasta la utilización de sistemas de tratamiento de imágenes que analizan y tipifican los rasgos del terreno basándose en el valor digital de las firmas espectrales. Los programas informáticos de tratamiento de imágenes y algunos de cartografía efectúan dicho análisis y tipificación con mucha mayor precisión que el ojo humano.

#### **4.2.1 Tipos de resolución:**

**Resolución Espacial:** La resolución espacial se refiere al tamaño del objeto o característica del terreno de menor tamaño que se puede distinguir en una imagen. Se trata de una de las características más importantes que hay que considerar a la hora de elegir imágenes, porque determina de forma directa qué rasgos del terreno se pueden cartografiar. Esto es muy importante para evaluar los costos del proyecto dado que, generalmente, cuanto más detallada es una imagen más cara resulta por unidad de superficie.

Tamaño en disco: es importante que a medida que mejora la resolución espacial, el tamaño de los archivos digitales aumenta de forma espectacular y exige, para su tratamiento, un espacio de almacenamiento considerable en el ordenador. Por ejemplo, una imagen pancromática SPOT (60 x 60 Km.) de 10 metros de resolución, en bruto, ocupa 36 megabytes, en tanto que otra de la misma zona con las mismas características pero con una resolución de un metro, exige de 3000 a 4000 megabytes (3 - 4 GB).

**Un metro** Identifica y cartografía rasgos a l escala humana superiores a un metro cuadrado, tales como tapas de alcantarilla, bancos, automóviles, cocheras de autobuses, carriles de autopista, aceras, equipamiento de servicios públicos, cercas, árboles y arbustos.

Identifica características de muchos de los objetos mencionados.

Detecta pequeñas zonas de estrés en parcelas agrícolas o arboledas.

Localiza y cartografía ampliaciones de casas, carreteras, edificios, patios y pequeñas explotaciones agrícolas y ganaderas.

Diferencia distintos tipos de edificios y casas.

**10 metros** Ubica y cartografía edificios, predios, carreteras, limites de propiedad, campos de deporte, granjas y calles.

Diferencia entre parcelas cultivadas y. sin cultivar en (unción de la salud vegetativa relativa.

Facilita tipificaciones de la cubierta del suelo en pequeñas áreas.

**20-30 metros** Ubica aeropuertos, cascos urbanos, barriadas periféricas, centros comerciales, complejos deportivos, grandes fábricas, extensos bosques y explotaciones agrícolas de gran amplitud.

Realiza clasificaciones generalizadas de la superficie del terreno,

**80 metros** Cartografía estructuras geológicas regionales.

Evalúa la salud vegetativa en una región relativamente extensa.

**1 kilómetro** Valora la salud vegetativa en estados y países enteros.

Sigue eventos regionales como plagas de insectos, sequía y desertificación.

**Grafica 43.** Un área común cubierta por dos imágenes de distinta resolución (derecha: Aster de 15 metros; izquierda: Ikonos de 1 metro).



**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

Hay diversas opciones para elegir la resolución espacial adecuada, entre ellas están los siguientes sensores: QuickBird (0.61 metros), Ikonos (1 metro), Spot (10 metros), Aster (15 metros), Landsat TM (30 metros), entre otros.

**Resolución espectral:** Este término define las longitudes de onda en las que el sensor es capaz de medir la energía reflejada. Las longitudes de onda se expresan en micras ( $\mu\text{m}$ ). El número de bandas se utiliza asimismo para explicar cómo mide el sistema la reflectancia de varias longitudes de onda distintas. Por ejemplo, un sensor multiespectral de cuatro bandas mide la energía en cuatro longitudes de onda diferentes. Hay que tener en cuenta, no obstante, que una imagen multiespectral se compone casi siempre de tres bandas como mínimo porque una imagen a color sólo puede crearse adicionando los tres colores fundamentales (rojo, verde y azul).

Las mediciones de la reflectancia en diversas longitudes de onda revelan información específica de las características y rasgos del terreno. Tal como se observa a continuación:

**Azul visible:** Cartografía de aguas someras. Diferenciación de suelo y vegetación.

**Verde visible:** Diferenciación de la vegetación por su salud.

**Rojo visible:** Diferenciación de la vegetación por especies.

**Infrarrojo cercano:** Cartografía de la vegetación Cartografía del vigor/salud de la vegetación. Diferenciación de la vegetación por especies.

**Infrarrojo medio:** Diferenciación de los tipos de rocas por composición. Detección de humedad en la vegetación y suelo Cartografía de la estructura geológica Trazado de límites tierra/agua.

**Precisión:** Es esta una característica de la imagen que, con frecuencia, se pasa por alto y puede ser crítica para las aplicaciones cartográficas. Se refiere a la certeza con la que un objeto dado se encontrará sobre el terreno donde aparece en la imagen. Normalmente, la precisión se expresa en píxeles, que se pueden convertir fácilmente en metros. Por ejemplo, una imagen con resolución de 10 metros puede tener una precisión de un píxel, lo que significa que un objeto de dicha imagen puede estar descolocado 10 metros en cualquier dirección. Si bien esto puede parecer de gran inexactitud, no debe olvidarse que las imágenes son con frecuencia la fuente de información más precisa en comparación con los mapas, la aerofotografía y las bases de datos.

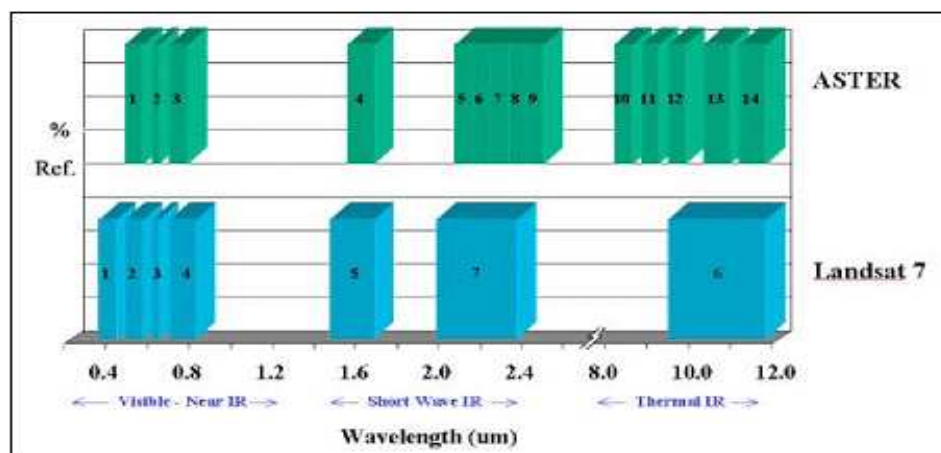
#### **4.2.2 Tamaño De La Escena/Cobertura**

Cada sensor del satélite posee un ancho de franja o campo de visión que determina el tamaño de una escena de imagen. El sensor recoge miles de medidas de reflectancia a lo largo de esta franja, pero este caudal de mediciones se divide habitualmente en escenas de dimensiones cuadradas. De este modo, si

el ancho de la franja es de 60 kilómetros, el tamaño estándar de la imagen de toda la escena será de 60 x 60 km.

En la siguiente imagen se compara la resolución espectral entre los sensores Aster y Landsat 7. Mientras que Aster posee en total 14 bandas, Landsat tiene 7 y aunque Aster no posee la banda que representa el color azul (1 en Landsat), posee mejor información en el campo infrarrojo medio además de una mejor resolución espacial en el visible e infrarrojo cercano (15 mts. contra 30 de Landsat). Otra diferencia entre estos sensores es que la escena Aster cubre 60 x 60 Km mientras que Landsat cubre 180 x 180 Km.

**Grafica 44.** Resolución espectral sensores Aster Vs Lansat.



**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

Un factor de importancia que hay que tomar en consideración cuando se buscan imágenes es la relación que existe entre el tamaño de la escena y la resolución espacial. Imaginar una cámara con teleobjetivo. A medida que éste enfoca rasgos de pequeño tamaño, el campo visual disminuye. Esto se aplica también a las imágenes de satélite. Una gran resolución espacial de un metro, corresponde a un área de cobertura pequeña (y archivos digitales de gran tamaño). Al escoger una imagen, se deben equilibrar estas dos características de forma de la resolución

espacial sea lo bastante alta como para distinguir los objetos que se necesita identificar. No obstante, el tamaño de la escena ha de ser lo suficientemente ancha como para colocar en ello dichos objetos en su perspectiva adecuada. Dicho de otro modo: no se debe dejar que los árboles nos impidan ver el bosque.

**Grafica 45.** Machu Pichu, Perú (Imagen QuickBird, 0.80 m de resolución).



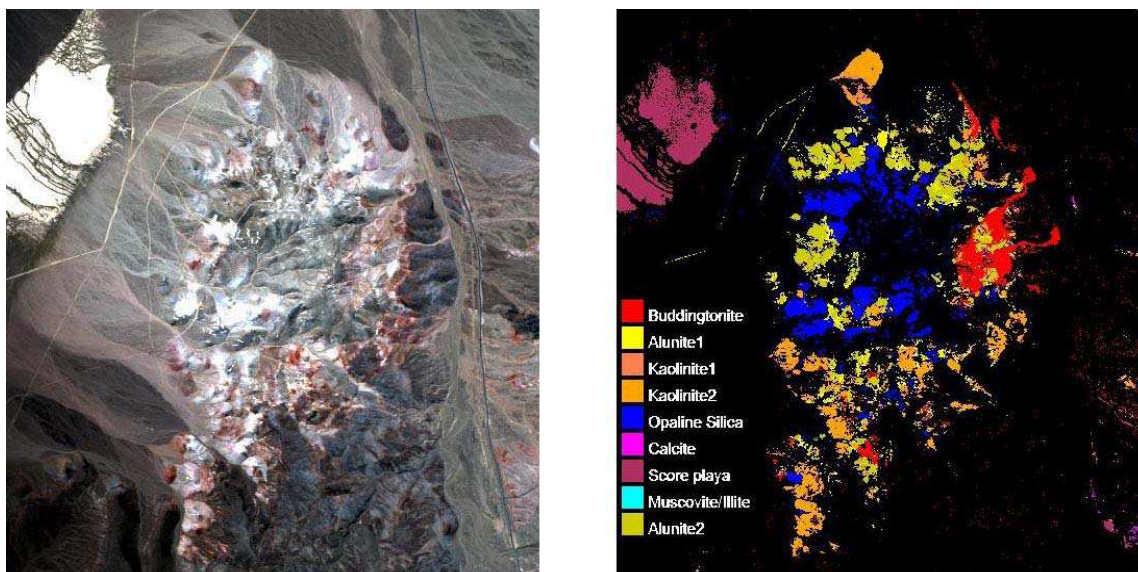
**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

**MAPAS DE CLASIFICACIÓN:** Son probablemente los de tipo más común entre los creados a partir de imágenes de satélite. En estos mapas temáticos, las zonas de terreno se clasifican y agrupan en clases de ocupación y uso del suelo. Las clasificaciones pueden ser amplias, como zonas urbanas, boscosas, de campo abierto y de aguas. También pueden ser muy específicas, diferenciando campos de maíz, trigo, soja o remolacha. Normalmente, los distintos tipos de terreno están codificados por colores. También se utilizan para determinar zonas de interés<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> ibid

**Grafica 46.** Clasificación de minerales a partir del sensorHyMap.



Fuente: [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

### 4.3 MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN (DEM)

Llamados también modelos digitales del terreno, estos conjuntos de datos contienen medidas de la elevación del terreno obtenidas aplicando procedimientos fotogramétricos a pares de imágenes estereoscópica.

Los DEM se usan con frecuencia para crear modelos tridimensionales y en los programas informáticos de visualización comúnmente usados en ingeniería civil, cartografía geológica y simulación de vuelo. Actualmente existen dos conocidos satélites que toman imágenes con un par estereoscópico: Ikonos y Aster de los cuales se pueden obtener modelos de elevación digital a 1 y 15 metros respectivamente.

**Grafica 47.** Imagen 3D creada a partir de un sensor ASTER (Combinación Infrarrojo Color y DEM generado con el par estereoscópico que dispone este satélite).



**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

**FUSIONES:** Es posible fundir dos tipos de imágenes de satélite distintas para crear un producto híbrido que aun que las ventajas de ambas imágenes. Lo más habitual es fundir una imagen pancromática, como la SPOT de 10 metros con otra multiespectral SPOT de 20 metros o Landsat de 30 metros. Esto produce una imagen que contiene los datos multiespectrales y la información espacial de la imagen pancromática.

**MOSAICOS:** Es frecuente que la escena de la imagen del satélite no abarque el área de interés en su totalidad. En ese caso se pueden solicitar dos o más escenas adyacentes y el distribuidor efectuará un mosaico utilizando complejos algoritmos informáticos que hagan coincidir exactamente los bordes de las escenas y equilibren los colores para crear una base de datos sin fisuras de la zona extensa.

**DETECCIÓN DE CAMBIOS:** Para crear una imagen de detección de cambios se aplican algoritmos especiales a dos imágenes de satélite de la misma zona, tomadas en momentos distintos. El ordenador examina todos y cada uno de los píxeles de las dos escenas para determinar qué valores de píxel ha cambiado. En la mayoría de los casos, el área modificada se resulta en color. Este procedimiento se utiliza habitualmente para cartografiar automáticamente extensas zona se identificar cambios como nuevos edificios, carreteras, urbanizaciones y también desastres naturales como inundaciones, aluviones, etc. De este modo se identifican también cambios radicales, como la transformación de bosques en zonas de cultivo.

## **RESOLUCIÓN DIGITAL**

Resolución de la Imagen Escala topográfica típica

1000 metros 1:1.500.000

30 metros 1:80.000

20 metros 1:50.000

10 metros 1:25.000

5 metros 1:12.000

1 metro 1:2.000

**GEOCODIFICACIÓN TOTAL:** Los datos se corrigen mediante puntos de control en tierra, tanto procedentes de mapas como de mediciones GPS.

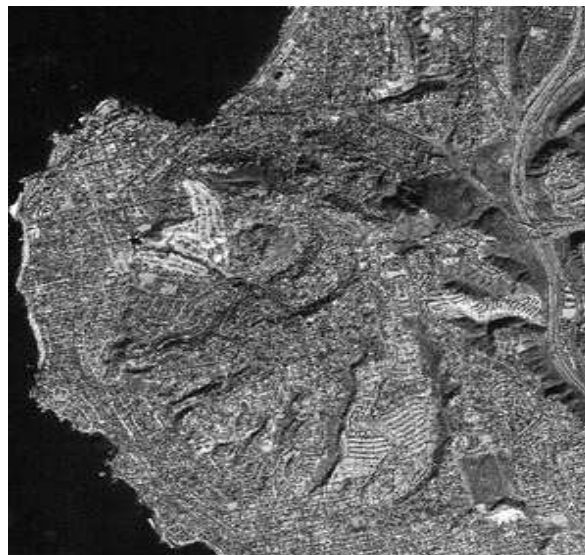
**ORTORRECTIFICACIÓN:** La ortorrectificación es un proceso computacional por el que se eliminan de las imágenes las distorsiones horizontales y verticales principalmente debidas al relieve.

Este proceso mejora de forma espectacular la calidad y utilidad de la imagen porque le otorga las mismas cualidades que posee un mapa.

**REALCE:** El proveedor aplica algoritmos informáticos para aumentar la calidad de la imagen y destacar ciertos rasgos. El realce más común realizado por el proveedor es el llamado “ContrastStretching”, por el que se reasignan los valores de reflectando de los píxeles para abarcar toda la gama de la escala de 256 tonos de gris. Este procedimiento se asemeja a ajustar el mando de un receptor de televisión. Evita que se pierdan detalles en zonas muy oscuras o muy brillantes.

**PRODUCTOS ESPECÍFICOS:** De las imágenes de satélite se pueden obtener muchos productos así como pueden ser utilizar en diversas aplicaciones. Desde tener una imagen a color con una grilla sobrepuesta (como si fuera un mapa para ir a visitar el terreno) y tener mayor claridad de la morfología, hasta obtener zonas alteración hidrotermal requeridas por una compañía minera en el rubro de la exploración minera. Cualquier producto imaginable desde una imagen satelital se puede obtener con el conocimiento necesario de sus capacidades y de cómo procesar los datos originales.

**Grafica 48.** Imagen Ikonos Ortorectificada. Basado en “Imágenes de Satélite – Una Guía Objetiva” producida por el Business Imagen Group y Spot Imagen.



**Fuente:** [http://www.srgis.cl/pdf/guia\\_basica\\_imagenes\\_satelitales.pdf](http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf)

#### **4.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA**

Un Sistema de Información geográfico (SIG) particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información geo referenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información geo referenciada. La mayor utilidad de un sistema de información geográfico está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis. La construcción de modelos de simulación como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes.

En el año 1962, en Canadá, se diseñó el primer sistema "formal" de información geográfica para el mundo de recursos naturales a escala mundial. En el Reino Unido se empezó a trabajar en la unidad de cartografía experimental. No fue hasta la época de los 80's cuando surgió la comercialización de los SIG. Durante los años 60's y 70's se empezó a aplicar la tecnología del computador digital al desarrollo de tecnología automatizada. Excluyendo cambios estructurales en el manejo de la información, la mayoría de programas estuvieron dirigidos hacia la automatización del trabajo cartográfico; algunos pocos exploraron nuevos métodos para el manejo de información espacial, y se siguieron básicamente dos tendencias:

- Producción automática de dibujos con un alto nivel de calidad pictórica
- Producción de información basada en el análisis espacial pero con el costo de una baja calidad gráfica.

La producción automática de dibujo se basó en la tecnología de diseño asistido por computador (CAD). El CAD se utilizó en la cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. El modelo de base de datos de CAD maneja la información espacial como dibujos electrónicos compuestos por entidades gráficas organizadas en layer o capas. Cada capa contiene la información de los puntos en la pantalla (o pixeles) que debe encender para la representación por pantalla. Estos conjuntos de puntos organizados por planos de visualización se guardan en un formato vectorial. Las bases de datos incluyen funciones gráficas primitivas que se emplean para construir nuevos conjuntos de puntos o líneas en nuevas capas y definir un símbolo imaginado por el usuario.

En este sentido la aparición de productos como ARC-INFO en el ámbito del SIG o IGDS en el ámbito del CAD fue determinante para lanzar un nuevo mercado con una rapidísima expansión. La aparición de la Orientación a Objetos (OO) en los SIG (como el Tigris de Inter graph), inicialmente aplicado en el ámbito militar (Defense Map Agency - DMA) (OO) permite nuevas concepciones del SIG donde se integra todo lo referido a cada entidad (v.g. una parcela) (simbología, geometría, topología, atribución). Pronto los SIG. Se comienzan a utilizar en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos como: Ingeniería Civil: diseño de carreteras, presas y embalses. Estudios medioambientales. Estudios socioeconómicos y demográficos. Planificación de líneas de comunicación. Ordenación del territorio.

Estudios geológicos y geofísicos. Prospección y explotación de minas, entre otros. Los años noventa se caracterizan por la madurez en el uso de estas tecnologías

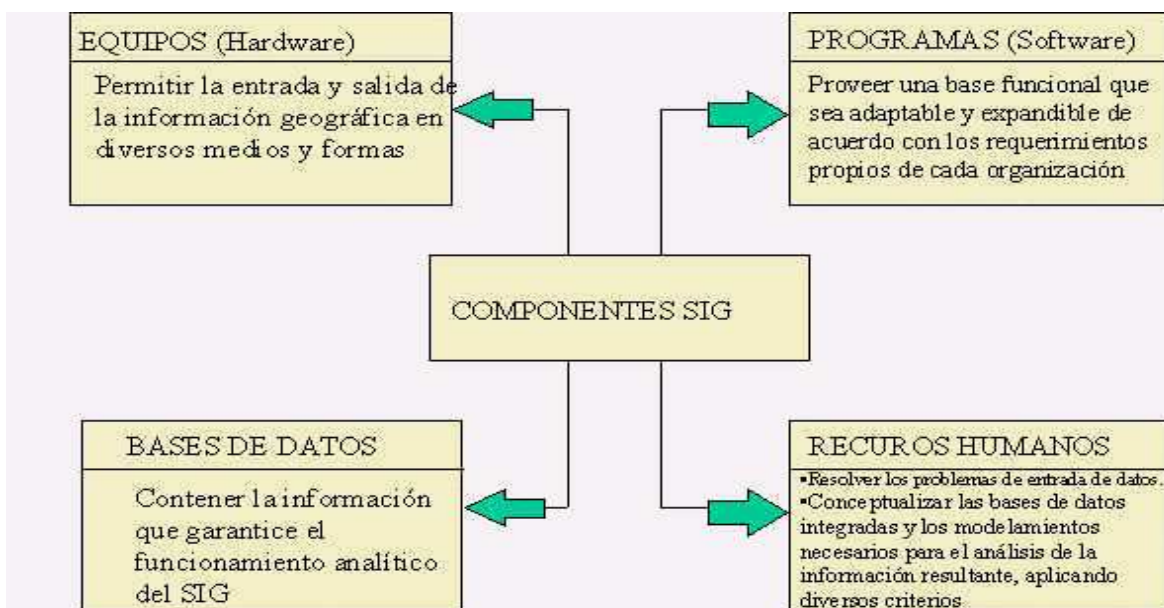
en los ámbitos tradicionales mencionados y por su expansión a nuevos campos (SIG en los negocios), propiciada por la generalización en el uso de los ordenadores de gran potencia y sin embargo muy asequibles, la enorme expansión de las comunicaciones y en especial de Internet y el World Wide Web, la aparición de los sistemas distribuidos (DCOM, CORBA) y la fuerte tendencia a la unificación de formatos de intercambio de datos geográficos propician la aparición de una oferta proveedora (Open Gis) que suministra datos a un enorme mercado de usuario final.

### **Diferencias entre SIG y CAD**

Los sistemas CAD se basan en la computación gráfica, que se concentra en la representación y el manejo de información visual (líneas puntos y polígonos). Los SIG requieren de un buen nivel de computación gráfica, pero un paquete exclusivo para manejo gráfico no es suficiente para ejecutar las tareas que requiere un SIG y no necesariamente un paquete gráfico constituye una buena base para desarrollar un SIG. El manejo de la información espacial requiere una estructura diferente de la base de datos, mayor volumen de almacenamiento y tecnología de soporte lógico (software) que supere las capacidades funcionales gráficas ofrecidas por las soluciones CAD.

Los SIG y los CAD tienen mucho en común, dado que ambos manejan los contextos de referencia espacial y topología. Las diferencias consisten en el volumen y la diversidad de información, y la naturaleza especializada de los métodos de análisis presentes en un SIG. Estas diferencias pueden ser tan grandes, que un sistema eficiente para CAD puede no ser el apropiado para un SIG y viceversa.

**Grafica 49.** Componentes de un SIG.



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Dentro de las funciones básicas de un sistema de información se puede describir la captura de la información, esta se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, procesos aerofotogramétricos, entre otros. Otra función básica de procesamiento de un SIG hace referencia a la parte del análisis que se puede de los datos, se puede especificar la función de contigüidad de objetos sobre una área determinada, del mismo modo, se puede especificar la función de coincidencia que se refiere a la superposición de objetos dispuestos sobre un mapa. La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinados por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a condiciones y necesidades bien específicas de los usuarios. La definición formal del concepto categoría o cobertura, queda determinado como una unidad básica de agrupación de varios mapas que comparten algunas características comunes en forma de temas relacionados con los objetos contenidos en los mapas.

Sobre un mapa se definen objetos (tienen una dimensión y localización respecto a la superficie de la tierra), estos poseen atributos, y éstos últimos pueden ser de tipo gráfico o de tipo alfanumérico.

A un conjunto de mapas relacionados se le denomina entonces categoría, a un conjunto de categorías se les denomina un tema y al conjunto de temas dispuesto sobre un área específica de estudio se agrupa en forma de índices temáticos o geo índice del proyecto SIG. De tal suerte que la arquitectura jerárquica de un proyecto queda expuesta por el concepto de índice, categoría, objetos y atributos<sup>25</sup>.

### **Representación de la información:**

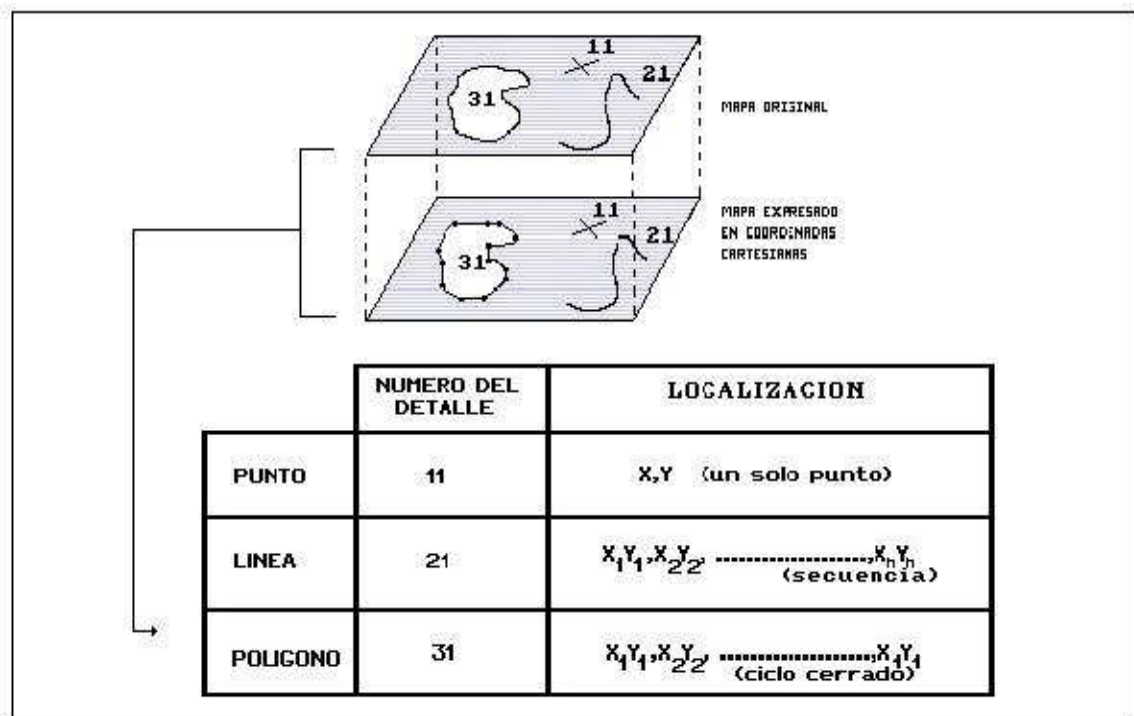
En un SIG se pretende agrupar la organización de datos espaciales. Específicamente se tienen sistemas de punto, de red o lineal y de áreas o polígonos. En general, se utilizan tres notaciones básicas para representar la posición espacial de los fenómenos geográficos: puntos, líneas y polígonos. Los puntos, las líneas y los polígonos suelen definirse en los mapas por medio de coordenadas cartesianas (x, y) (longitud/latitud, etc.), basadas en los principios de la geometría euclidiana. Este sistema de coordenadas cartesianas es el que más se utiliza para medir la posición espacial y para analizar sus diversas propiedades, incluyendo la medición, etc.

La figura se muestra el concepto de cómo se expresa un mapa típico, con elementos de puntos, líneas y polígonos en coordenadas cartesianas y se transfiere posteriormente a un archivo de coordenadas (X, Y) del SIG.

---

<sup>25</sup> ibid

**Tabla 3.** Archivo de coordenadas X, Y.

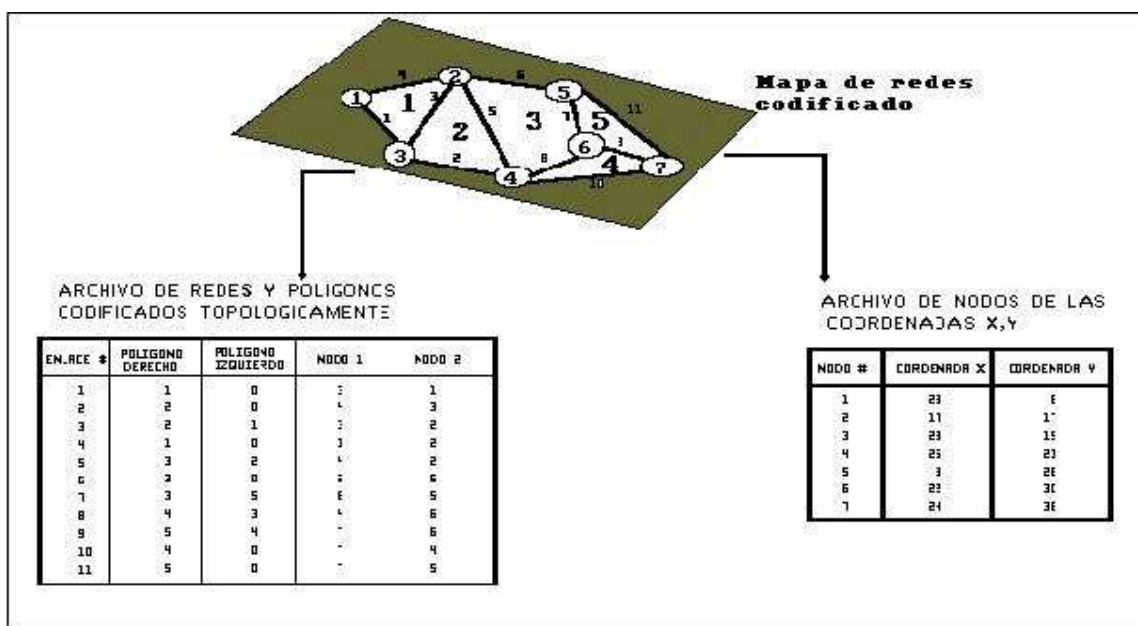


**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Además de expresar los fenómenos geográficos utilizando coordenadas cartesianas, también es posible aplicar los principios de la teoría de gráficos que se refieren a las relaciones topológicas para expresar la posición relativa de diversos elementos del mapa.

La figura muestra cómo se compendian los mapas típicos de redes/polígonos en 7 nodos, 11 enlaces o segmentos lineales, que delimitan 5 polígonos básicos. Numerando estos enlaces y asociándolos con los nodos, así como con los polígonos de la derecha e izquierda, puede desarrollarse un sistema de notación básica para los mapas.

**Tabla 4.** Archivo de los nodos de coordenadas



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

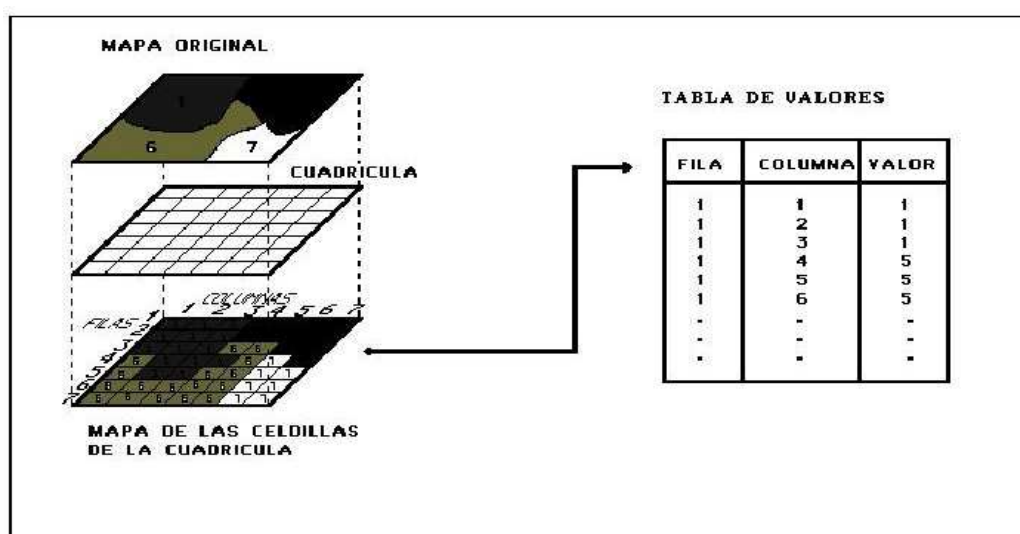
Si a cada uno de los nodos se le agrega la codificación de las coordenadas (X, Y), se obtiene un sistema doble para identificar espacialmente todos los elementos de un mapa. Lo anterior facilita no solamente el análisis utilizando las coordenadas (X, Y), sino también el uso de la matemática relacionada con la teoría de gráficos pertinente a las redes, conjunto espacial, supresión de líneas, etc.

La referencia topológica define la ubicación de algún fenómeno geográfico con respecto a los demás fenómenos, pero no requiere el empleo del concepto de distancia para definir estas relaciones. Por lo tanto, es totalmente posible tener un mapa definido espacialmente sin ninguna coordenada.

Una segunda técnica en la que también se aplican algunos de los principios de las relaciones comprende el uso de grilla para definir un marco de referencia regular pero arbitraria al cual se van a referir los datos geográficos.

La técnica de la grilla se basa inherentemente en su relación con un sistema de coordenadas, pero no requiere necesariamente la asociación precisa. La cuadrícula utiliza una matriz (i, j) a fin de representar las variaciones de la geografía para efectos de la computadora. La figura ilustra cómo se interpretaría un mapa lineal original superpuesto a una cuadrícula en valores de fila/columna para expresar su variación geográfica.

**Tabla 5.** Archivo de grillas



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

En resumen, hay básicamente dos métodos para identificar esta información espacialmente. El primero es utilizando mediciones reales en la forma de coordenadas (x, y). El segundo comprende la utilización de una grilla la que se superpone al mapa que se quiere trabajar.

No hay que olvidar que los tipos de datos sirven para representar elementos espaciales, así bajo el tipo de dato puntual puede agruparse toda aquella información cuyo atributo puede representarse por un punto (ejemplos: clientes, postes de alumbrado, etc.) el tipo de red contempla información de nodos y líneas

(ejemplos: Un sistema de carreteras, un sistema líneas de transmisión, etc.) y el de áreas, es aquel que representa mediante polígonos áreas específicas (ejemplos: Superficies de cultivos, superficies a ser inundadas, etc.).

### **Estructura de la representación.**

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinados por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a las condiciones y necesidades bien específicas de los usuarios.

Se parte de la idea que un SIG es un conjunto de procedimientos usados para almacenar y manipular datos geográficamente referenciados, es decir objetos con una ubicación definida sobre la superficie terrestre bajo un sistema convencional de coordenadas. Se dice que un objeto en un SIG es cualquier elemento relativo a la superficie terrestre que tiene tamaño es decir, que presenta una dimensión física (alto - ancho - largo) y una localización espacial o una posición medible en el espacio relativo a la superficie terrestre.

A todo objeto se asocian unos atributos que pueden ser:

- Gráficos
- No gráficos o alfanuméricos.

### **Atributos gráficos**

Son las representaciones de los objetos geográficos asociados con ubicaciones específicas en el mundo real. La representación de los objetos se hace por medio de puntos, líneas o polígonos.

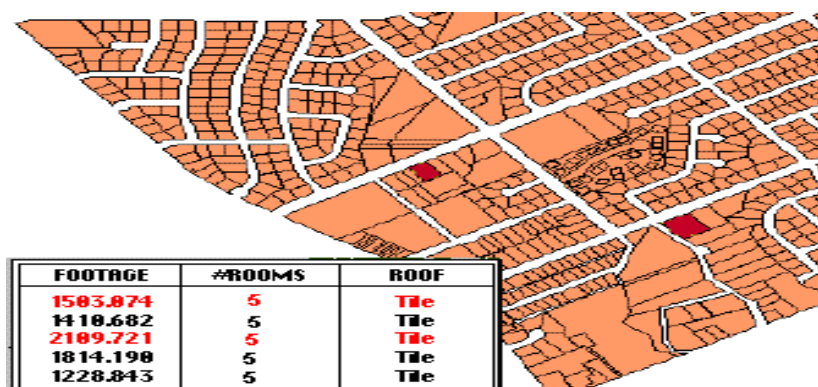
Ejemplos de una red de servicios:

- Punto: un poste de energía
- Línea: una tubería
- Polígonos: un embalse

### Atributos no gráficos

También llamados atributos alfanuméricos. Corresponden a las descripciones, cualificaciones o características que determinan los objetos o elementos geográficos. En el siguiente gráfico se observan los atributos gráficos y no gráficos que se encuentran asociados a los objetos representados. En un SIG los atributos gráficos y no gráficos se tienen que relacionar y esto se logra mediante un atributo de unión único o ID.

**Grafica 50.** Atributos no gráficos.



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Los objetos se agrupan de acuerdo con características comunes y forman categorías o coberturas. Las agrupaciones son dinámicas y se establecen para responder a las necesidades específicas del usuario. La categoría o cobertura se define como una unidad básica de almacenamiento. Es una versión digital de un sencillo mapa "temático" en el sentido de contener información solamente sobre algunos de los objetos: Predio, lotes, vías, marcas de terreno, hidrografía, curvas de nivel, etc. En una categoría o cobertura se presentan tanto los atributos gráficos como los no gráficos. Una cobertura queda representada en el sistema por el conjunto de archivos que lo componen<sup>26</sup>.

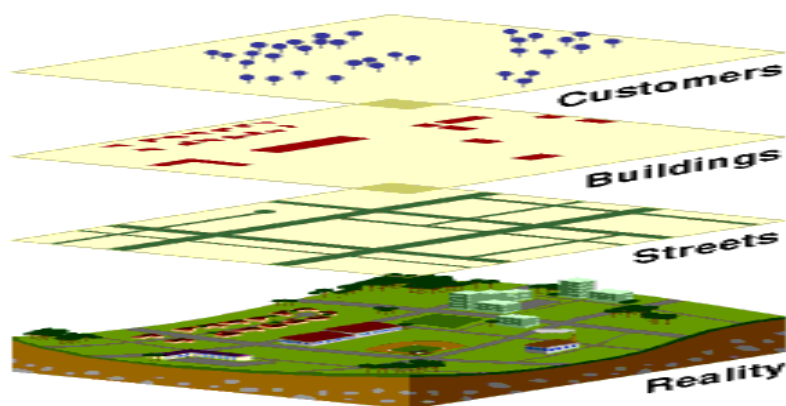
<sup>26</sup> ibid

### **Relaciones entre objetos.**

Se sabe que un objeto al interior de una cobertura posee por lo menos dos componentes, uno gráfico y otro no gráfico. A un objeto gráfico se le define a través del software un número clave de identificación, del mismo modo, a la componente alfanumérica o atributo, también se le define el mismo identificador, de tal forma que al interior del sistema se establece una relación entre los dos componentes. Además de la integridad de entidad definida anteriormente, se definen otros tipos de relaciones, por ejemplo, la relación posicional dice donde está el elemento respecto al sistema de coordenadas establecido. La relación topológica dice sencillamente la relación del elemento con otros elementos de su entorno geográfico próximo.

A cada objeto contenido en una categoría se le asigna un único identificador. Cada objeto está caracterizado por una localización única (atributos gráficos con relación a unas coordenadas geográficas) y por un conjunto de descripciones (atributos no gráficos) El modelo de datos permite relacionar y ligar atributos gráficos y no gráficos. Las relaciones se establecen tanto desde el punto de vista posicional como topológico.

**Grafica 51. Coberturas.**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Los datos posicionales dicen donde está el elemento y los datos topológicos informan sobre la ubicación del elemento con relación a los otros elementos. Los atributos no gráficos dicen qué es, y cómo es el objeto. El número identificador que es único para cada objeto de la categoría es almacenado tanto en el archivo o mapa de objetos como en la tabla de atributos, lo cual garantiza una correspondencia estricta entre los atributos gráficos y no gráficos.

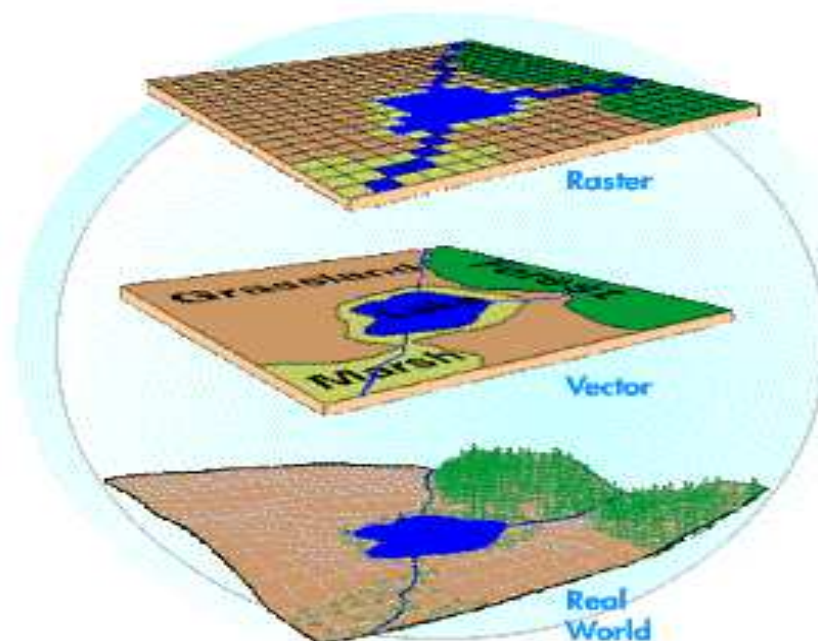
La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Esta es, una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos.

Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos. Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles o coberturas. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos.

Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan. Así por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras aun siendo ambos objetos línea están almacenadas en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

Los formatos estándar para un archivo de diseño son el formato RASTER y el formato tipo VECTOR, en el primero de ellos se define una grilla o una malla de rectángulos o cuadrados a los que se les denomina grilla, cada retícula posee información alfanumérica asociada que representa las características de la zona o superficie geográfica que cubre, como ejemplos de este formato se pueden citar la salida de un proceso de fotografía satelital, la fotografía aérea es otro buen ejemplo.

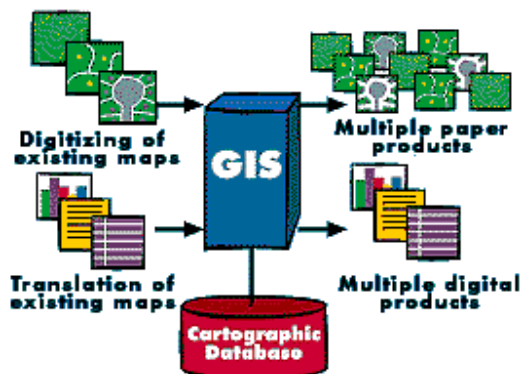
**Grafica 52.** Formato tipo ráster y vector.



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

De otro lado, el formato vectorial representa la información por medio de vectores formados por pares ordenados de coordenadas, este ordenamiento da lugar a las entidades universales con las que se representan los objetos gráficos, así: un punto se representa mediante un par de coordenadas, una línea como mínimo por dos pares de coordenadas, y un polígono como una serie de líneas que se inicia y se cierra en el mismo punto.

**Grafica 53.** Tipos de datos que componen un GIS.



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Con un SIG se puede determinar que existe en un sitio en particular. Para ello se deben especificar las condiciones. Esto se hace especificando la localización de un objeto o región para la cual se desea información<sup>27</sup>.

#### **Los métodos comúnmente usados son:**

- Señalar con el apuntador gráfico o Mouse el objeto o región.
- Escribir en el teclado la dirección.
- Escribir en el teclado las coordenadas.

Después de plantear las condiciones para localizar un objeto o región se obtienen unas respuestas. En esta respuesta se pueden presentar todas o algunas de las características del objeto o región.

#### **Especificar condiciones.**

Con esta función un SIG puede determinar en dónde se satisfacen ciertas condiciones.

---

<sup>27</sup> <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

La especificación de las condiciones se puede hacer por medio de:

- La selección desde unas opciones predefinidas.
- La escritura de expresiones lógicas.
- La busca interactiva en la pantalla.

Después de comandar las condiciones que como usuario requiere se obtiene la respuesta esperada. En cada respuesta se puede presentar:

- Un listado de todos los objetos que reúnen la condición.
- Los elementos que cumplen la condición resaltada gráficamente.

### **Hacer análisis espaciales.**

En esta función los datos se pueden analizar para obtener:

- Respuestas a preguntas particulares.
- Soluciones a problemas particulares.

Los análisis geográficos se hacen mediante la superposición de las características de los elementos de una misma categoría.

La información geográfica con la cual se trabaja en los SIG. Puede encontrarse en dos tipos de presentaciones o formatos: Raster y Vectorial.

### **Almacenamiento de la Información**

En esta etapa se administra la información geográfica y descriptiva contenida en las bases de datos y los elementos en que físicamente son almacenados.

La información en un GIS es almacenada en cuatro grandes conjuntos de bases de datos:

- Bases de datos de imágenes: Estas imágenes representan fotográficamente el terreno.
- Bases de datos complementarios de imágenes: Esta base de datos contiene símbolos gráficos y caracteres alfanuméricos geo referenciados al mismo sistema de coordenadas de la imagen real a la que complementan.

- Bases de datos cartográficos: Almacena la información de los mapas que representan diferentes clases de información de un área específica. Corresponden a las coberturas o categorías.
- Bases de datos de información descriptiva: Esta base facilita el almacenamiento de datos descriptivos en las formas más comunes de tal forma que puedan ser utilizados por otros sistemas.

### **Manipulación de la Información**

La manipulación de la información incluye operaciones de extracción y edición. Así mismo provee los mecanismos para la comunicación entre los datos físicos (extraídos por los módulos de almacenamiento y utilización por los módulos de análisis)

### **Extracción de la información**

Las formas de extraer o recuperar información de los SIG son muy variadas y pueden llegar a ser muy complejas. Las formas básicas para extraer la información son:

**Extracción mediante especificación geométrica:** Consiste en extraer información del SIG mediante la especificación de un dominio espacial definido por un punto, una línea o un área deseada. Por ejemplo: seleccionar por medio del apuntador gráfico un río en un mapa, una tubería en un plano.

**Extracción mediante condición geométrica:** Extraer por medio de un dominio espacial y una condición geográfica entidades gráficas.

Por ejemplo: las poblaciones que se encuentren en un radio de 5 Km al rededor de una bocatoma.

**Extracción mediante especificación descriptiva:** Extracción de las entidades espaciales que satisfagan una condición descriptiva determinada. Por ejemplo todos los predios que tengan el mismo dueño.

**Extracción mediante condición descriptiva o lógica:** Extracción de entidades espaciales que cumplan la condición descriptiva y una expresión lógica cualquiera relacionada con uno algunos de sus atributos espaciales asociados. Por ejemplo, todos los predios que pertenezcan al mismo dueño, con áreas superiores a 500 hectáreas y perímetro superior a 10.000 metros.

### **Edición de la Información**

Permite la modificación y actualización de la información. Las funciones de edición son particulares de cada programa SIG. Las funciones deben incluir:

- Mecanismos para la edición de entidades gráficas (cambio de color, posición, escala, dibujo de nuevas entidades gráficas, entre otros.)
- Mecanismos para la edición de datos descriptivos (modificación de atributos, cambios en la estructura de archivos, actualización de datos, generación de nuevos datos, entre otros.)

**Análisis y modelamiento de la Información:** Permite realizar las operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar solución a un problema específico.

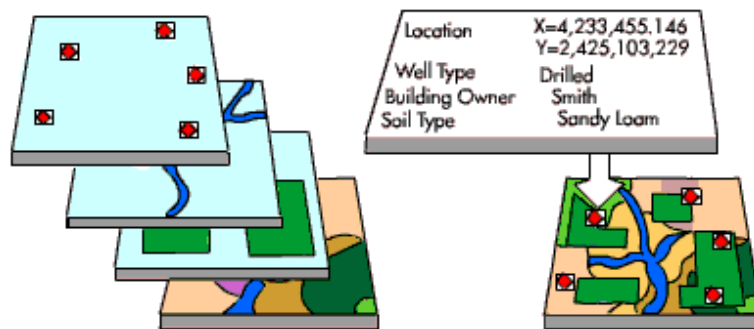
Las operaciones de análisis y modelamiento se pueden clasificar en:

**Generalización cartográfica:** Capacidad de generalizar características de un mapa o presentación cartográfica, con el fin de hacer el modelo final menos complejo.

**Análisis espaciales:** Incluye las funciones que realicen cálculos sobre las entidades gráficas. Va desde operaciones sencillas como longitud de una línea,

perímetros, áreas y volúmenes, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno<sup>28</sup>.

**Grafica 54.** Análisis espacial.



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Los diferentes tipos de análisis que un SIG debe realizar son:

- Contigüidad: Encontrar áreas en una región determinada.
- Coincidencia: Análisis de superposición de puntos, líneas, polígonos y áreas.
- Conectividad. Análisis sobre entidades gráficas que representen redes de conducción, tales como: Enrutamiento: Como se mueve el elemento conducido a lo largo de la red.
- Radio de acción: Alcance del movimiento del elemento dentro de la red.
- Apareamiento de direcciones: Acople de información de direcciones a las entidades gráficas.
- Análisis digital del terreno: Análisis de la información de superficie para el modelamiento de fenómenos geográficos continuos. Con los modelos digitales de terreno (DTM: la representación de una superficie por medio de

<sup>28</sup> <http://www.procoopsrl.com.ar/sistgis.htm>

coordenadas X, Y, Z) que son la información básica para el análisis de superficies.

- Operación sobre mapas: Uso de expresiones lógicas y matemáticas para el análisis y modelamiento de atributos geográficos. Estas operaciones son soportadas de acuerdo con el formato de los datos (ráster o vectorial)
- Geometría de coordenadas: Operaciones geométricas para el manejo de coordenadas terrestres por medio de operadores lógicos y aritméticos. Algunas de esas operaciones son: proyecciones terrestres de los mapas, transformaciones geométricas (rotación, traslación, cambios de escala), precisión de coordenadas, corrección de errores.

### **Salida y representación de la información**

La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico. Ambos tipos de información pueden ser presentados en forma digital o analógica. La representación digital se utiliza cuando dicha información, o en general, a otro medio sistematizado. El medio analógico es el que se presenta al usuario como respuesta a un interrogante del mismo. La información textual analógica consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado sobre ésta. La información analógica gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas. Ambos tipos de información pueden ser presentados en una pantalla o impresos en el papel.

El sistema debe proveer la capacidad de complementar la información gráfica, antes de su presentación definitiva, por medio de una simbología adecuada y manejar la posibilidad de adicionar elementos geométricos que permitan una calidad y una visualización fáciles de entender por el usuario<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

## 4.5 APLICACIONES

De igual forma que para las aplicaciones generales resulta complejo realizar una clasificación de aplicaciones ambientales de los sistemas de información geográfica.

Los sistemas de información geográfica que se centran en el estudio del medio ambiente y los recursos naturales, se pueden definir como aplicaciones implementadas por instituciones dedicadas a temas medioambientales facilitando una ayuda fundamental en trabajos tales como:

Pueden existir multitud de divisiones posibles dependiendo del enfoque utilizado. En este caso se ha creído conveniente usar un único criterio para esta clasificación. Y se ha elegido el que mejor servía para nuestras necesidades. Este criterio no es otro que el funcional. Es decir se ha optado por la utilidad y objetivo de la aplicación en lugar del tema tratado.

De esta manera se pueden diferenciar los siguientes apartados:

**4.5.1 Inventarios y cartografías ambientales** En este grupo se incluirían aquellos trabajos cuya funcionalidad sea realizar un inventario de los recursos ambientales de un territorio concreto o la realización de la cartografía básica topográfica o temática.

**4.5.2 Estudios ambientales y análisis del paisaje** Serían aquellos proyectos que tienen como objetivo final conocer y analizar algún aspecto ambiental o paisajístico determinado, sin tener como propósito final la predicción, planificación

o gestión. Ciencias Ambientales / Técnicas de desarrollo de los sistemas de información geográfica

**4.5.3 Análisis de riesgos e impactos ambientales** Aquí se analizará los trabajos que usa un SIG para conocer, estudiar y predecir los factores de riesgos ambientales en cualquiera de sus formas, incluyendo los estudios de impacto ambiental. En este apartado puede entrar, entre otros, los análisis de peligrosidad sísmica, predicción de movimientos de tierras, análisis de riesgos de inundación, etc.

**4.5.4 Modelización ambiental** Comprendería todos los trabajos cuyo objetivo fuera el modelizar algún fenómeno ambiental o territorial. Por ejemplo el crear modelos digitales de terrenos o elevaciones, cuencas visuales, etc.

**4.5.5 Planificación y gestión ambiental** En este último apartado estarían incluidos todos los trabajos cuya finalidad fuera la planificación y gestión ambiental tanto pública como privada. Sirva de ejemplo los trabajos de realización de Planes de Ordenamiento de Recursos Naturales.

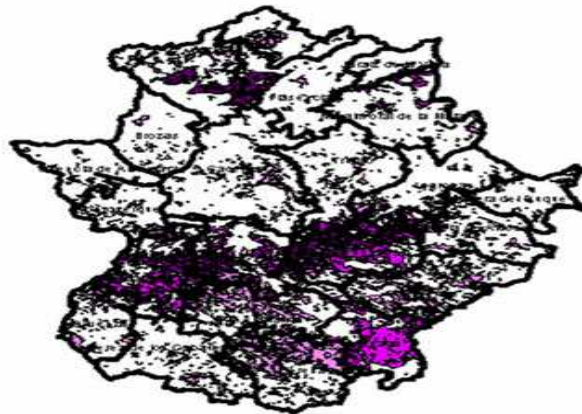
**4.5.6 La realización de Planes de Ordenación de Recursos Naturales** Es quizás una de las aplicaciones más evidentes dentro de planificación ambiental. Existen algunos ejemplos del uso de Sistemas de información geográfica para la realización de la cartografía de estos planes. Las ventajas son múltiples siendo una de las fundamentales la obtención de forma automática del mapa de zonificación a partir de la introducción de aquellas variables que el equipo redactor haya considerado oportunas.

**4.5.7 Control de plagas** El SIG en este caso se utiliza principalmente para la determinación de zonas de riesgo, el análisis del comportamiento y evolución de plagas. También se pueden diseñar redes de trampas y puntos de control.

**4.5.8 Estimación de la biomasa residual** La biomasa residual forestal puede aprovecharse energéticamente, presentando así un doble beneficio: en primer lugar si eliminaran estos residuos de los bosques podrán minimizarse los impactos ambientales derivados de plagas o incendios y en segundo lugar, el propio aprovechamiento de esta madera como fuente de energía renovable, con las ventajas que esto conlleva, como el balance neutro de CO<sub>2</sub>.

Así mismo también se han presentado estudios que establecen los puntos de localización óptimos de posibles industrias de tratamiento y aprovechamiento energético de residuos agroindustriales, como pueden ser los derivados de la generación del aceite de oliva, los residuos industriales del tomate o la cascarilla de arroz<sup>30</sup>.

**Grafica 55.** Mapa de potenciales energéticos de los residuos agrícolas.



**Fuente:**<http://www.ambientum.com/revista/2010/febrero/aplicaciones-medioambientales-SIG.asp>

<sup>30</sup> <http://www2.uca.es/dept/filosofia/TEMA%208.pdf>

**4.5.9 Restauración de los sistemas forestales** Se utilizan principalmente para localizar y estimar el grado de deforestación y sus efectos en los ecosistemas forestales, principalmente en aquellos más aislados, pudiéndose simular situaciones de riesgo para ver como evolucionarían hipotéticamente, y poder estimar sus consecuencias, para poder determinar medidas de restauración.

**4.5.10 Extinción de incendios** Los incendios forestales producidos por actividades humanas, y causas naturales, van además incrementándose año tras año por los efectos del cambio climático. Los SIG se generan en este campo para prevenir, controlar y gestionar estos incendios, utilizándose como herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

Los estudios sobre incendios forestales surgieron en los años 20 en EEUU y Canadá. Al principio se utilizaban para crear índices de peligro basados en datos meteorológicos. Estos sistemas han ido evolucionando hasta convertirse en sistemas de riesgo que además de utilizar datos meteorológicos, utilizan otros factores como el comportamiento del fuego, topografía, actividad humana, modelos de combustible, etc. así como la información obtenida de las imágenes de satélite.

**4.5.11 Cambios de Uso del Suelo. Inventarios de Uso, planificación de explotaciones agrícolas**

**Grafica 56.** Visualización de cultivos herbáceos.



**Fuente:**<http://www.ambientum.com/revista/2010/febrero/aplicaciones-medioambientales-SIG.asp>

Es un Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, que permite identificar geográficamente las parcelas declaradas por los agricultores y ganaderos, en cualquier régimen de ayudas relacionado con la superficie cultivada o aprovechada por el ganado.

Concebido inicialmente con el propósito de facilitar a los agricultores la presentación de solicitudes, con soporte gráfico, así como para facilitar los controles administrativos y sobre el terreno, el SIGPAC se ha convertido en una herramienta de enorme utilidad en campos diferentes del agrario (geología, infraestructuras, urbanismo...), lo que obedece a su concepción y desarrollo, en el que se hace uso continuo y permanente de las tecnologías más avanzadas en información geográfica automatizada.

**4.5.12 Localización de Vertederos** Los vertederos, plantas de tratamiento biológico, o plantas de tratamiento físico-químico de residuos, entre otros, pueden establecerse también mediante SIG.

En este caso deben tenerse en cuenta puntos que produzcan grandes cantidades de residuos, como pueden ser industrias y plantas de depuración de aguas residuales. También habrá que tener en cuenta vías de comunicación, instalaciones eléctricas de alta tensión (para la utilización de energía), otras plantas ya existentes, la cercanía de núcleos urbanos, y cauces de agua, o balsas de agua subterránea, flora y fauna y la visibilidad de la instalación, para calcular también el impacto medioambiental en la zona.

Las instalaciones deberán tener en cuenta también factores económicos, como es el transporte de los residuos

**4.5.13 Concentración de Contaminantes** Otra posible aplicación de los SIG es la determinación de la concentración de los diferentes contaminantes atmosféricos de una zona, así como las fuentes que los producen: de los que se derivan para poder realizar métodos de reducción de la misma, como puede ser el uso de carbones activados, condensadores, recirculación de gases de escape, etc..

En primer lugar deberán determinarse los focos emisores como pueden ser las viviendas, el tráfico y el sector industrial.

Los gases contaminantes principales que se pueden tener en cuenta en este tipo de estudios pueden ser: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno y azufre, metano (CH<sub>4</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas.

**4.5.14 Estudios de Especies** Son muy útiles en los estudios de zonificación de especies, es decir, en los que se tiene que separar especies que están muy próximas por zonas diferenciadas.

Si las especies son vegetales, se aplican distintas variables, como la altura, pendiente, amplitud del relieve, etc. Conocer la distribución de las especies forestales, es un factor muy importante a tener en cuenta a la hora del manejo forestal.

En el caso de especies animales, se pueden utilizar para realizar la modelización de un tipo de hábitat potencial de una especie en concreto. Su importancia radica en poder estudiar, disponiendo de la mayor información posible, especies protegidas o en peligro de extinción, teniendo en cuenta, por ejemplo, zonas de cría, de hibernación y de alimentación

**4.5.15 Impacto Ambiental de Obras** Mediante los SIG se puede determinar el impacto que puede suponer una obra determinada sobre el medio ambiente. Se puede determinar, por ejemplo, el impacto que causaría el trazado de una autovía sobre un paraje.

Esto se haría teniendo en cuenta, capas sucesivas de los diferentes factores que interactúan, como pudieran ser: riesgo sísmico, riesgo de deslizamiento del suelo, riesgo geológico, riesgo de inundación, flora y fauna singular, municipios y cauces de ríos, así como la red actual de carreteras existentes. Con la superposición de estas capas y el estudio de los datos asociados a ellas, se podrían establecer las distintas zonas del impacto producido: muy alto, alto, medio y bajo.

Como se ha visto, los SIG son herramientas que combinando diferentes tipos de datos, nos pueden facilitar valiosa información, que de otro modo, nos multiplicarían varias veces el tiempo de trabajo, o incluso sería muy difícil de obtener. Si hablara en concreto de temas medioambientales, cada poco tiempo surgen en este campo nuevas aplicaciones que nos ayudan a proteger el medio ambiente y a hacer una mejor gestión de los recursos.

**4.5.16 Análisis de erosión y sedimentación** Para los propósitos de los planes de conservación de suelos y decisión de la política agropecuaria que se determine en cualquier zona agroecológica, es necesario analizar el tipo, velocidad y causas de la erosión, y mostrar la distribución espacial del riesgo potencial de erosión. Una evaluación del riesgo de erosión debe identificar el grado potencial de deterioro de la superficie, para proporcionar la información requerida y formularla estrategia de conservación de los recursos.

Debido a la gran variación que existe en los rasgos físicos de un territorio, la planificación de alternativas para el control de la erosión debe estar normalmente basada en un rango de modelos de simulación que podrán cubrir la variación y mostrarlas más diversas formas de conservación en relación al tipo, proporción y causas de la erosión.

El Modelo de Erosión Potencial de los Suelos nos permite determinar el promedio anual de la cantidad de suelo que se pierde por erosión hídrica. La erosión del suelo por el agua es un proceso donde intervienen varios factores: la lluvia, el suelo, cobertura vegetal, topografía y la actividad humana<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> [http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/neb\\_cap12-DDA\\_nov-09-2002.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/neb_cap12-DDA_nov-09-2002.pdf)

## 5. CONCLUSIONES

- Por medio de la topografía se aprecia la geometría de la superficie terrestre en un plano, la cual es útil para el análisis y/o modelamiento de impactos ambientales de un evento extremo.
- Para el desarrollo de un estudio ambiental, se debe partir de una línea base, de una caracterización y de un inventario de la zona a estudiar, para su ejecución requiere la participación de un equipo conformado por diversas disciplinas, como también de información basada en planos, imágenes satelitales y/o fotografías aéreas.
- Los modelos digitales de elevación (MDT) como los sistemas de información geográfica (SIG), son una herramienta importante para el análisis de los fenómenos tanto naturales y/o antrópicos, que influye en la toma de decisiones en lo referente a planes de contingencia, prevención y mitigación de eventos.

## BIBLIOGRAFIA

- Ezquerra; R. Rodríguez-Solano; L. Martín; I. Bachiller
- Geodesia satelital. Autor: Benjamín Fernández.
- Territorio y Medio Ambiente. Métodos cuantitativos y técnicas de información geográfica. Universidad de Murcia. Autores: Carmelo Con esa García, Juan Bautista Guevara.
- Topografía. Autores: Torres y Villate.