

**PRACTICA EMPRESARIAL**

**“ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PEDAGÓGICA INFORMÁTICA  
COMO APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA DE  
GEOMÁTICA”**

**LAURA FERNANDA TORRES FERREIRA  
CIRO ALFONSO GÓMEZ GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2009**

**I**

**PRACTICA EMPRESARIAL**  
**“ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PEDAGÓGICA INFORMÁTICA  
COMO APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA DE  
GEOMÁTICA”**

**LAURA FERNANDA TORRES FERREIRA**  
**CIRO ALFONSO GÓMEZ GONZÁLEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de  
Ingeniero Civil**

**Director**  
**JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ**  
**Ing. En Transportes y Vías, M.Sc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**BUCARAMANGA**

**2009**

**II**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su agradecimiento a:

Al director de proyecto, JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ, por su dedicación, orientación y apoyo a lo largo de la realización del proyecto.

A la ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por brindarnos la oportunidad de formarnos personal y profesionalmente.

A nuestras familias por ser la principal fuente de motivación y apoyo constante.

## DEDICATORIA

A Dios, por sus infinitas bendiciones

A Mi Madre, por ser la mejor del mundo,  
por sus incalculables esfuerzos en mis formación,  
por confiar y creer en mí, por ser mi mayor orgullo  
y por su amor incondicional

Te amo.

A mi Hermana, Jenny por su amor, apoyo y confianza

A Carlos Iván por sus palabras de ánimo,  
amor, confianza y comprensión

LAURA FERNANDA

## DEDICATORIA

A mis padres, Luis Felipe y Lucila,  
por estar presentes en cada momento importante de mi vida,

A mis hermanos; Julián y Andrés, por su ayuda  
y colaboración, para la culminación de esta etapa,

A mis amigos por su constante compañía,

Y a Dios, por iluminar el camino durante toda mi carrera.

CIRO ALFONSO

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTADO DE FIGURAS .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>LISTADO DE TABLAS .....</b>	<b>XXIV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XXV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XXVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. CARTOGRAFÍA .....</b>	<b>2</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 QUE ES CARTOGRAFÍA.....	2
1.3 QUE ES UN MAPA .....	3
1.4 TIPOS DE MAPAS .....	4
1.4.1 <i>Mapa topográfico:</i> .....	4
1.4.2 <i>Mapa Temático:</i> .....	5
1.5 QUE ES LA ESCALA .....	5
1.6 FORMA DE EXPRESIÓN DE LA ESCALA .....	6
1.7 COORDENADAS GEOGRÁFICAS .....	6
1.7.1 <i>Que es la Longitud?</i> .....	7
1.7.2 <i>Que es la Latitud?</i> .....	7
1.8 PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA.....	8
1.8.1 <i>Clasificación de las Proyecciones</i> .....	9
1.8.1.1 <i>Según los Grupos fundamentales:</i> .....	9
1.8.1.2 <i>Según su Principal Propiedad:</i> .....	11
1.9 DEFORMACIONES .....	12
1.9.1 <i>Deformación Areal</i> .....	12
1.9.2 <i>Deformación Angular</i> .....	13
1.9.3 <i>Deformación en la Dirección</i> .....	13
1.10 DISTRIBUCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA COLOMBIANA .....	13
1.10.1 <i>Evaluación crítica y clasificación de la información gráfica</i> .....	14
1.10.2 <i>Nomenclatura de planchas</i> .....	14
1.10.3 <i>Datos a recolectar en el inventario cartográfico</i> .....	15
1.11 CARTOGRAFÍA DIGITAL (CAD).....	16
1.11.1 <i>Que es Cartografía Digital</i> .....	16
1.11.2 <i>Fases de la cartografía digital</i> .....	17

1.11.3 Ventajas de los CAD .....	17
1.11.4 Desventajas de los CAD .....	18
1.11.5 Diferencia entre CAD y SIG .....	19
1.12 TOPONIMIA.....	19
1.13 ROTULACIÓN .....	20
1.14 SIMBOLOGÍA - SEMIOLOGÍA GRÁFICA.....	22
1.14.1 Representaciones Gráficas de la Semiología.....	23
1.14.2 Sistemas de Representación Gráfica.....	29
1.15 VARIABLES VISUALES .....	29
1.16 PROPIEDADES PERCEPTIVAS DE LAS VARIABLES VISUALES.....	30
1.16.1 Propiedad Asociativa.....	30
1.16.2 Propiedad Selectiva .....	31
1.16.3 Propiedad Ordenativa .....	31
1.16.4 Propiedad Cuantitativa .....	32
1.17 EXAGERACIÓN .....	32
1.17.1 Selección de Elementos.....	33
1.17.2 Clasificación .....	34
1.17.3 Simplificación .....	34
1.18 GENERALIZACIÓN.....	34
<b>2. FOTOGRAMETRÍA.....</b>	<b>35</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	35
2.2 QUE ES LA FOTOGRAMETRÍA?.....	36
2.3 OBJETIVO DE LA FOTOGRAMETRÍA .....	37
2.4 CLASIFICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA.....	37
2.5 DIFERENCIA ENTRE FOTOGRAFÍA Y MAPA .....	38
2.5.1 Sistemas de proyección .....	39
2.5.2 Características del terreno .....	40
2.5.3 Equipo utilizado .....	41
2.6 ELEMENTOS DE UNA FOTOGRAFÍA AÉREA:.....	41
2.7 DEFORMACIONES EN LAS FOTOGRAFÍAS.....	43
2.7.1 Desplazamiento debido al relieve .....	43
2.7.2 Desplazamiento debido a la inclinación de la fotografía.....	45
2.7.3 Distorsión.....	46
2.7.3.1 Curva de Distorsión .....	47
2.8 ERROR COMBINADO.....	48

2.9 CLASIFICACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS .....	49
2.9.1 <i>El campo angular del objetivo</i> .....	49
2.9.1.1 Normales .....	50
2.9.1.2 Granangulares .....	50
2.9.1.3 Supergranangulares .....	50
2.9.1.4 Relación entre campo angular y distancia principal .....	51
2.9.2 <i>La inclinación del eje de la cámara</i> .....	51
2.10 ESCALA DE LAS FOTOGRAFÍAS .....	52
2.11 FOTOGRAFÍA AÉREA VS MAPA.....	53
MAPA .....	53
FOTOGRAFÍA AÉREA .....	53
2.12 CÁMARAS AÉREAS .....	54
2.13 CLASIFICACIÓN DE LAS CÁMARAS AÉREAS.....	54
2.13.1 <i>Cámaras con formato en función del campo angular del objeto</i> .....	54
2.13.2 <i>Cámaras en función del uso</i> .....	55
2.13.3 <i>Cámaras en función de la inclinación del eje óptico</i> .....	55
2.14 FOTOGRAFÍAS AÉREAS.....	56
2.15 PLAN DE VUELO .....	57
2.16 VUELO.....	57
2.17 EVALUACIÓN DE VUELOS .....	60
2.18 VISIÓN BINOCULAR.....	60
2.18.1 <i>Requisitos para la observación estereoscópica de fotografías</i> .....	61
2.18.2 <i>Métodos para la observación estereoscópica de fotografías</i> .....	62
2.19 ESTEREOSCOPIOS .....	64
2.19.1 <i>Estereoscopio de Bolsillo</i> .....	64
2.19.2 <i>Estereoscopio de Espejos</i> .....	65
2.20 ANAGLIFOS .....	66
2.20.1 <i>Tipos de Anaglifos</i> .....	67
2.20.2 <i>Como crear anaglifos</i> .....	68
2.20.3 <i>Ejemplos de Anaglifos</i> .....	70
2.21 PARALAJE .....	71
2.21.1 <i>Paralaje en X</i> .....	71
2.21.2 <i>Paralaje en Y</i> .....	72
2.21.3 <i>Angulo Paraláctico</i> .....	73
2.21.4 <i>FORMULA DE PARALAJE</i> .....	74
2.22 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE PENDIENTES .....	77

2.23 FOTINTERPRETACIÓN.....	78
2.23.1 Técnicas empleadas en la fotointerpretación.....	78
<b>3. GEODESIA.....</b>	<b>79</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	79
3.2 QUE ES GEODESIA.....	79
3.3 OBJETIVO DE LA GEODESIA .....	80
3.4 RAMAS DE LA GEODESIA .....	80
3.5 DIFERENCIAS ENTRE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA.....	81
3.6 QUE ES EL GEOIDE .....	81
3.6.1 Ventajas.....	82
3.6.2 Desventajas.....	82
3.7 QUE ES EL ELIPSOIDE .....	82
3.7.1 Ventajas.....	82
3.8 LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS.....	83
3.8.1 Levantamientos Horizontales.....	83
3.8.1.1 Triangulación .....	83
3.8.1.2 Trilateración .....	84
3.8.1.3 Poligonación .....	85
3.8.1.4 Técnicas celestes y satelitales.....	85
3.8.2 Levantamientos Verticales .....	86
3.8.2.1 Nivelación Geométrica .....	86
3.8.2.2 Nivelación Trigonométrica .....	87
3.8.2.3 Nivelación Barométrica .....	87
3.8.2.4 Nivelación Satelital.....	88
3.9 ALTURA GEOIDAL.....	88
3.10 DATUM .....	89
3.10.1 Datum Vertical.....	90
3.10.2 Datum Horizontal.....	90
3.11 RED GEODÉSICA.....	90
3.11.1 Tipos de Redes Geodésicas .....	91
3.12 TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS .....	91
3.12.1 PASOS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS.....	92
3.13 MAGNA SIRGAS .....	92
<b>4. AUTOCAD MAP.....</b>	<b>93</b>
4.1 INTRODUCCIÓN.....	93

4.2 QUE ES AUTOCAD MAP? .....	93
4.3 DIGITALIZACIÓN .....	94
4.3.1 Tipos de Digitalización .....	94
4.4 LIMPIEZA DE MAPAS .....	94
4.4.1 Errores comunes .....	95
4.4.2 SIMPLIFICACIÓN DE OBJETOS LINEALES .....	96
4.4.3 SUPRESIÓN DE DUPLICADOS.....	97
4.4.4 PARTIR OBJETOS CORTADOS.....	98
4.4.5 ALARGAR OBJETOS INSUFICIENTES.....	98
4.4.6 BORRAR OBJETOS SUELTOS .....	99
4.4.7 CORRECCIÓN DE NODOS.....	100
4.4.8 FORZADO DE GRUPOS DE NODOS.....	101
4.4.9 DISOLVER PSEUDONODOS.....	101
4.5 TOPOLOGÍAS .....	102
4.5.1 Topología de Nodos .....	103
4.5.2 Topología de Redes .....	103
4.5.3 Topología de Polígonos .....	103
4.5.4 Pasos para la creación de una topología.....	103
4.6 EXPORTACIÓN DE DATOS A UN SIG .....	104
4.6.1 Pasos para exportar datos .....	105
<b>5.  SENSORES REMOTOS .....</b>	<b>105</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	105
5.2 QUE ES LA TELEDETECCIÓN .....	106
5.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	106
5.4 ELEMENTOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA .....	107
5.5 SENSORES.....	107
5.6 TIPOS DE SENSORES .....	108
5.6.1 Sensores Activos.....	108
5.6.2 Sensores Pasivos.....	109
5.7 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO .....	110
5.8 RESOLUCIÓN.....	111
5.8.1 Resolución espectral.....	112
5.8.2 Resolución temporal.....	113
5.8.3 Resolución radiométrica.....	114
5.8.4 Resolución espacial .....	115

5.9	GEOREFERENCIACIÓN .....	116
5.9.1	<i>Correcciones Geométricas</i> .....	116
5.9.1.1	Localización de puntos de control (GCP).....	117
5.9.1.2	Cálculo de las funciones de transformación .....	118
5.9.1.3	Transferencia de los ND originales a la nueva posición .....	118
5.10	CLASIFICACIÓN DE LAS IMÁGENES SATELITALES .....	121
5.10.1	<i>Imágenes de Baja resolución</i> .....	121
5.10.1.1	Landsat .....	121
5.10.1.2	Imágenes Spot.....	124
5.10.1.3	Diferencias entre Landsat y Spot.....	126
5.10.2	<i>Imágenes de Alta resolución</i> .....	127
5.10.2.1	Ikonos .....	127
5.10.2.2	QuickBird .....	130
<b>6.</b>	<b>GPS</b> .....	<b>131</b>
6.1	INTRODUCCIÓN.....	131
6.2	QUE ES GPS .....	132
6.3	TIPOS DE GPS.....	133
6.3.1	<i>Gps de Mano</i> .....	133
6.3.2	<i>Gps de Navegación</i> .....	134
6.3.3	<i>Gps Integrado</i> .....	135
6.4	TÉCNICAS DE MEDICIÓN.....	135
6.4.1	<i>Modo Estático</i> .....	136
6.4.1.1	Ejemplo de la medición Modo Estático .....	136
6.4.2	<i>Modo Estático Rápido</i> .....	139
6.4.2.1	Ejemplo de la medición Modo estático Rápido .....	140
6.4.3	<i>Modo Cinemático</i> .....	142
6.4.3.1	Ejemplo de la medición Modo Cinemático con registro de puntos de detalles .....	142
6.4.3.2	Ejemplo de la medición Modo Cinemático con registro de puntos a intervalos predefinidos .	144
6.4.3.3	Ejemplo de la medición Modo Cinemático con inicialización al vuelo (OTF) .....	145
6.5	SEGMENTOS DE LOS GPS .....	147
6.5.1	<i>Segmento de Espacial</i> .....	147
6.5.2	<i>Segmento de Control</i> .....	148
6.5.3	<i>Segmento de Usuario</i> .....	149
6.6	PRINCIPIO DE MEDICIÓN DEL SISTEMA.....	149
6.7	POSICIÓN DE LOS SATÉLITES .....	150
6.8	POR QUE CUATRO SATÉLITES? (PRINCIPIO DE TRIANGULACIÓN) .....	150

6.9 ERRORES .....	153
6.9.1 <i>Error en la Ionosfera</i> .....	153
6.9.1.1 <i>Solución al error en la Ionosfera</i> .....	154
6.9.2 <i>Error en la Troposfera</i> .....	154
6.9.3 <i>Error en el Efemérides</i> .....	155
6.9.4 <i>Error en los relojes de los receptores</i> .....	155
6.9.5 <i>Disponibilidad Selectiva</i> .....	155
6.9.6 <i>Efecto Multipath</i> .....	156
6.10 ANGULO DE ENMASCARAMIENTO .....	157
6.11 OBSTRUCCIONES .....	158
<b>7. SIG .....</b>	<b>158</b>
7.1 INTRODUCCIÓN.....	158
7.2 QUE ES SIG .....	159
7.3 COMPONENTES Y SUBSISTEMA DE UN SIG .....	160
7.3.1 <i>Entrada de datos</i> .....	161
7.3.2 <i>Codificación y procesamiento</i> .....	161
7.3.3 <i>Manejo de la base de datos</i> .....	161
7.3.4 <i>Análisis</i> .....	161
7.3.5 <i>Salida</i> .....	161
7.4 RECURSOS TÉCNICOS.....	162
7.4.1 <i>Hardware</i> .....	162
7.4.2 <i>Software</i> .....	162
7.4.3 <i>Datos</i> .....	163
7.4.4 <i>Personal</i> .....	163
7.4.5 <i>Métodos</i> .....	164
7.5 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG .....	164
7.6 MODELO VECTOR .....	165
7.6.1 <i>Estructura de datos vector</i> .....	166
7.6.2 <i>Ventajas del modelo Vector</i> .....	166
7.6.3 <i>Desventajas del modelo Vector</i> .....	167
7.7 MODELO RASTER.....	167
7.7.1 <i>Estructura de datos Raster</i> .....	168
7.7.2 <i>Ventajas del modelo Raster</i> .....	169
7.7.3 <i>Desventajas del modelo Raster</i> .....	169

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	170
9. BIBLIOGRAFÍA.....	171

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Colombia .....	3
Figura 2. Mapa topográfico de Colombia .....	4
Figura 3. Mapa temático sobre el acceso al servicio de Agua y Saneamiento .....	5
Figura 4. Escala .....	5
Figura 5. Escala Gráfica 1:2000 .....	6
Figura 6. Longitud .....	7
Figura 7. Latitud .....	8
Figura 8. Proyección Acimutal .....	9
Figura 9. Proyección Cilíndrica .....	10
Figura 10. Proyección Cónica .....	11
Figura 11. Ejemplo de nomenclatura de planchas .....	15
Figura 12. Fases de la Cartografía Digital .....	17
Figura 13. Ejemplo de rotulación 1 .....	20
Figura 14. Ejemplo de rotulación 2 .....	21
Figura 15. Ejemplo de rotulación 3 .....	21
Figura 16. Ejemplo de rotulación 4 .....	21
Figura 17. Ejemplo de rotulación 5 .....	22
Figura 18. Mapa Topográfico .....	23
Figura 19. Mapa Temático .....	24
Figura 20. El corte .....	25
Figura 21. Vista en perspectiva .....	26
Figura 22. Las Redes .....	27
Figura 23. Diagramas .....	27
Figura 24. Coremas .....	28
Figura 25. Propiedad Asociativa .....	30
Figura 26. Propiedad Selectiva .....	31

Figura 27. Propiedad Ordenativa .....	31
Figura 28. Propiedad Cuantitativa .....	32
Figura 29. Fotogrametría.....	36
Figura 30. Fotografía terrestre.....	37
Figura 31. Fotografía aérea.....	38
Figura 32. Sistema de proyección central .....	39
Figura 33. Comparación entre Fotografía, terreno y mapa .....	40
Figura 34. Esquema de una Cámara Fotográfica.....	42
Figura 35. Esquema del desplazamiento debido al relieve .....	43
Figura 36. Desplazamiento debido a la inclinación de la fotografía.....	45
Figura 37. Esquema de distorsión.....	46
Figura 38. Distorsión radial y tangencial .....	47
Figura 39. Curva de Distorsión.....	47
Figura 40. Error combinado.....	48
Figura 41. Campo angular.....	49
Figura 42. Clasificación fotografía según inclinación del eje de la cámara .....	52
Figura 43. Escala de una fotografía .....	52
Figura 44. Fotografía aérea de Venecia.....	56
Figura 45. Recubrimiento longitudinal .....	58
Figura 46. Recubrimiento lateral .....	58
Figura 47. Visión Binocular.....	61
Figura 48. Observación estereoscópica con ejes cruzados .....	62
Figura 49. Observación estereoscópica con ejes convergentes .....	63
Figura 50. Observación estereoscópica con ejes paralelos .....	63
Figura 51. Estereoscipio de Bolsillo .....	64
Figura 52. Estereoscipio de Espejos .....	65
Figura 53. Anaglifo .....	66
Figura 54. Fotografía izquierda .....	68
Figura 55. Fotografía derecha .....	68

Figura 56. Ejemplo de anaglifo1 .....	69
Figura 57. Ejemplo de anaglifo 2.....	70
Figura 58. Ejemplo de anaglifo 3.....	70
Figura 59. Paralaje .....	71
Figura 60. Paralaje en x .....	72
Figura 61. Paralaje en Y debido a la inclinación.....	72
Figura 62. Paralaje en Y debido a la altura de vuelo.....	73
Figura 63. Paralaje en Y debido a la alineación .....	73
Figura 64. Angulo Paraláctico .....	74
Figura 65. Relación P, B, c y Z.....	75
Figura 66. Geoide.....	81
Figura 67. Elipsoide.....	82
Figura 68. Triangulación.....	84
Figura 69. Trilateración .....	84
Figura 70. Poligonación.....	85
Figura 71. Técnicas celestes y satelitales .....	85
Figura 72. Nivelación Geométrica .....	86
Figura 73. Nivelación Trigonométrica.....	87
Figura.74. Representación del Geoide.....	88
Figura.75. Altura geoidal para Colombia .....	89
Figura.76. Altura geoidal para Colombia .....	89
Figura.77. Digitalización .....	94
Figura 78. Problemas comunes en el dibujo .....	95
Figura 79. Líneas Cortas.....	96
Figura 80. Nodos Agrupados.....	96
Figura 81. Partir objetos cortados .....	98
Figura 82. Objeto insuficiente.....	99
Figura 83. Objeto suelto .....	99
Figura 84. Forzado de grupos de Nodos.....	101

Figura 85. Disolución de pseudonodos .....	102
Figura 86. Sistema de Teledetección .....	106
Figura 87. Sensor activo .....	108
Figura 88. Sensor activo .....	109
Figura 89. Espectro electromagnético .....	110
Figura 90. Resolución espectral .....	112
Figura 91. Resolución temporal.....	113
Figura 92. Resolución radiométrica.....	114
Figura 93. Resolución espacial .....	115
Figura 94. Localización de puntos de control .....	117
Figura 95. Entrada con los puntos de control .....	119
Figura 96. Grilla de la imagen de salida y la posición de los puntos de control ..	119
Figura 97. Superposición de la imagen de entrada y la de salida .....	120
Figura 98. Superposición de la imagen de entrada y la de salida .....	120
Figura 99. Satélite Landsat.....	121
Figura 100. Satelite Spot.....	124
Figura 101. Diferencias entre Landsat y Spot .....	126
Figura 102. Satelite Ikonos.....	127
Figura 103. Satelite QuickBird.....	130
Figura 104. Gps de Mano.....	133
Figura 105. Gps Navegadores .....	134
Figura 106. Gps Integrados.....	135
Figura 107. Ejemplo de medición con Gps Estático 1 .....	137
Figura 108. Ejemplo de medición con Gps Estático 2.....	137
Figura 109. Ejemplo de medición con Gps Estático 3.....	138
Figura 110. Ejemplo de medición con Gps Estático 4 .....	138
Figura 111. Ejemplo de medición con Gps Estático 5.....	139
Figura 112. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 1.....	140
Figura 113. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 2.....	140

Figura 114. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 3.....	141
Figura 115. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 4.....	141
Figura 116. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos de detalle 1.....	142
Figura 117. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos de detalle 2.....	143
Figura 118. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos de detalle 3.....	143
Figura 119. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos a intervalos predefinidos 1 .....	144
Figura 120. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos a intervalos predefinidos 3 .....	145
Figura 121. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con inicialización al vuelo 1 .....	145
Figura 122. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con inicialización al vuelo 2 .....	146
Figura 123. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con inicialización al vuelo 3 .....	146
Figura 124. Segmento Espacial .....	147
Figura 125. Segmento de Control .....	148
Figura 126. Segmento de usuario .....	149
Figura 127. Principio de Triangulación 1 .....	151
Figura 128. Principio de Triangulación 2 .....	151
Figura 129. Principio de Triangulación 3 .....	152
Figura 130. Principio de Triangulación 4 .....	152
Figura 131. Solución al error en la Ionosfera.....	154
Figura 132. Efecto Multipath.....	156
Figura 133. Angulo de enmascaramiento.....	157
Figura 134. Obstrucciones .....	158

Figura 135. SIG .....	159
Figura 136. Subsistemas.....	160
Figura 137. Funcionamiento de un Sig.....	164
Figura 138. Modelo Vector .....	165
Figura 139. Modelo Raster.....	167

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre campo Angular y Distancia principal .....	51
Tabla 2. Diferencia entre fotografía aérea y mapa .....	53

## RESUMEN

**TÍTULO:** ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PEDAGÓGICA INFORMÁTICA COMO APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA DE GEOMÁTICA\*

**AUTORES:**

TORRES FERREIRA, Laura Fernanda

GÓMEZ GONZALES, Ciro Alfonso\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

Cartografía, Fotogrametría, Geodesia, Autocad, Sensores Remotos, GPS, SIG

**DESCRIPCIÓN**

Las nuevas tecnologías y el constante cambio en la metodología de enseñanza nos exigen estar siempre a la par de ellas, más aún en el campo de la docencia, pues es este pilar fundamental en el progreso de una sociedad. Basados en este concepto se optó por diseñar una herramienta con la cual se pueda implementar una nueva metodología de enseñanza para la asignatura de Geomática, herramienta informática que tiene como una de sus principales características el manejar un formato que le permite actualizar información cada vez que el contenido de la asignatura así lo exija sin necesidad de modificar o reescribir todo el contenido está.

El nuevo contenido incluye el material básico propio de la asignatura y el actualizado de nuevos equipos, herramientas y software que se utilizan para entrelazar los diversos campos de la Geomática la cual tiene como temas centrales Fotogrametría, Geodesia, Cartografía, Autocad, sensores remotos, Sistemas de posicionamiento global (GPS) y Sistemas de información geográfica (SIG).

Se recomienda continuar el mejoramiento de la herramienta diseñada, y así permitir el manejo desde una plataforma interna (a nivel de universidad) o incluso en la web lo que facilitaría la actualización y permitiría recibir sugerencias acerca de la mejor manera de tratar los temas de estudio.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.

Director: Ing. Jorge Hernando Gómez Gómez

## ABSTRACT

**TITLE:** DEVELOPMENT OF A COMPUTER AS A TEACHING TOOL TO SUPPORT THE TEACHING OF THE SUBJECT OF GEOMATIC \*

**AUTHORS:**

FERREIRA TORRES, Laura Fernanda

GONZALES GÓMEZ, Ciro Alfonso \*\*

**KEY WORDS:**

Cartography, Photogrammetry, Geodesy, Autocad, Remote Sensing, GPS, GIS

### DESCRIPTION

New technologies and constant change in teaching methods require us to keep pace with them, especially in the field of teaching because this is a fundamental pillar in the progress of a society. Based on this concept was chosen to design a tool with which to implement a new methodology for teaching the subject of Geomatics, software tool that is one of its main features driving a format that allows you to update information each time the content of the subject as required without the need to amend or rewrite the entire contents of the course.

The new content includes the substance of the material itself the subject of new and updated material equipment, tools and software that are used to weave the various fields of Geomatics which is central themes Photogrammetry, Geodesy, Cartography, Autocad, sensors remote Global Positioning Systems (GPS) and Geographical Information Systems (GIS).

It is recommended to continue the improvement of the tool here designed to ensure that such material can be managed from one platform, internal (in college) or in the best case might have been available on the Web that helps us We will update and suggestions of how best to address the subjects of study.

---

\* Degree Thesis

\*\* Faculty of Physical- Mechanical. School of Civil Engineering. Engineer. Jorge Hernando Gómez Gómez

## INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista pedagógico es imposible no ver la tendencia a la cual apuntan las metodologías de enseñanza y son aun más notables las herramientas que se usan en ellas y que se requieren para mantenernos a la par de estas. Es la informática y el uso de la red (web) el camino a seguir como herramientas infaltables para cualquier tipo de enseñanza. Es por ello que vimos la necesidad de diseñar una herramienta pedagógica que pusiera la asignatura de Geomática en el contexto de las nuevas tendencias, tiene como principal característica mantener siempre el contenido actualizado. Esta se presenta en formato magnético adjunto al presente libro, el cual servirá de complemento a esta herramienta.

La Geomática abarca campos como la Fotogrametría, Geodesia, Cartografía, Autocad, sensores remotos, Sistemas de posicionamiento global (GPS) y Sistemas de información geográfica (SIG) y la gran mayoría de estos usan tecnologías, instrumentos, equipos y software que están en constante mejoramiento reemplazándose a diario, la herramienta pedagógica creada en este proyecto, le permitirá al docente mantener actualizado el contenido de la asignatura.

El diseño de la ayuda pedagógica que se presenta contó con varias etapas que incluyen la revisión y renovación de los documentos existente. La herramienta informática fue creada en un formato conocido que además es práctico, este es el caso de Macromedia Flash. Todo esto buscando el mayor número de beneficios pedagógicos que se puedan para así hacer de la asignatura algo agradable y funcional.

# 1. CARTOGRAFÍA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En el CD adjunto, se encuentra una herramienta informática creada en flash que permite abordar este tema; presenta animaciones que permiten apreciar fenómenos que a simple vista no se logran comprender.

Para acceder al material digital basta con abrir la carpeta de cartografía que se encuentra en el CD y abrir el archivo llamado CARTOGRAFÍA.EXE; no es necesario tener instalado Macromedia Flash debido a que este archivo es un proyector de Windows y trae consigo los complementos necesarios para acceder a él.

### OBJETIVOS:

- Afianzar conocimientos de escala y transformación de escala.
- Manejar de la nomenclatura de la cartografía Colombiana.
- Aprender a manejar la simbología gráfica.

## 1.2 QUE ES CARTOGRAFÍA

“La Cartografía se define como la técnica de confeccionar y representar sobre un plano todos los componentes del espacio terrestre, incluyendo las actividades y desarrollos del hombre”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi

### 1.3 QUE ES UN MAPA

“Es una representación convencional generalmente plana, de posiciones de fenómenos abstractos o concretos, localizables en el espacio”<sup>2</sup>. Se trata por tanto de un documento estético, agradable de consultar, dotado de un poder real de sugestión, producto de concepciones racionales y lógica.



Figura 1. Mapa de Colombia

Tomado de [www.cco.gov.co](http://www.cco.gov.co)

Al tomar una superficie plana y representar sobre ella una superficie esférica, se van a presentar diversas situaciones, dependientes del tamaño de la zona a representar. Zonas relativamente pequeñas, no sufrirán una deformación considerable, ni siquiera apreciable dentro de la cartografía. Pero, a medida que la superficie a representar se hace más grande, las deformaciones serán más considerables y deberán tenerse en cuenta para tener una cartografía de precisión.

---

<sup>2</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi

## 1.4 TIPOS DE MAPAS

### 1.4.1 Mapa topográfico:

Hace referencia a la representación del relieve o topografía. En la ejecución de este mapa generalmente se transfieren los puntos localizados sobre una esfera de volumen tridimensional, a una hoja de papel o superficie en dos dimensiones.

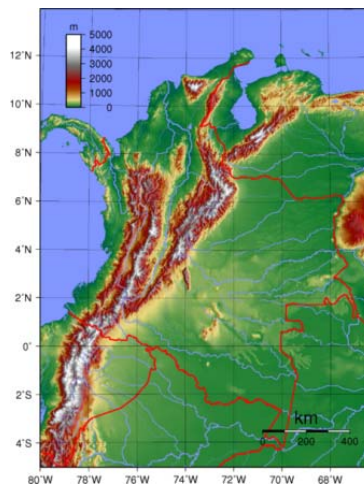


Figura 2. Mapa topográfico de Colombia

Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Colombia/>

La utilización de colores en los diversos niveles con otros símbolos y trazos auxiliares, permiten reconocer montañas, valles, ríos, altozanos y otras características del terreno

### 1.4.2 Mapa Temático:

Hace referencia a la representación de ciertas características de distribución, relación, densidad y regionalización de objetos reales, tales como suelo, la vegetación y la geología; así como conceptos abstractos tales como los indicadores de violencia y calidad de vida.



Figura 3. Mapa temático sobre el acceso al servicio de Agua y Saneamiento

Tomado de [www.geographos.com/BLOGGRAPHOS/articulos/Metas](http://www.geographos.com/BLOGGRAPHOS/articulos/Metas)

### 1.5 QUE ES LA ESCALA

Se entiende por escala la relación de proporcionalidad que existe entre el mapa y la realidad. Es decir, es la proporción en que una unidad del mapa representa una unidad del terreno

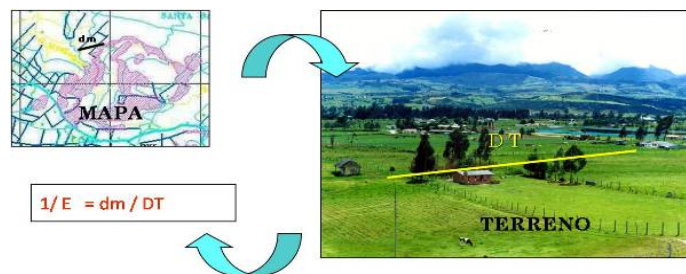


Figura 4. Escala  
(Ver animación en CD)

Esta proporción, entonces, es adimensional (no tiene dimensiones) por cuanto establece la relación de 1 a una cantidad específica, por ejemplo 1 mm representa 10000 mm, pero también podría decirse que 1 cm representa 10000 cm ó también que 1 m representa 10000 m

## 1.6 FORMA DE EXPRESIÓN DE LA ESCALA

- ✓ Numérica: representa una relación entre el valor de la realidad y el valor de la representación.

**Ej: 1:2.000**

- ✓ Gráfica: es la representación dibujada de la escala unidad por unidad.

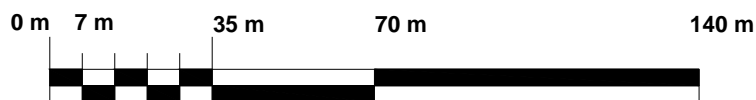


Figura 5. Escala Gráfica 1:2000

## 1.7 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Las Coordenadas geográficas permiten ubicar con precisión la ubicación de un punto cualquiera de la superficie terrestre.

El sistema de coordenadas define dos ángulos medidos desde el centro de la tierra: **LONGITUD Y LATITUD.**

### 1.7.1 Que es la Longitud?

Es el ángulo que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medido sobre el paralelo que pasa por dicho punto. Se mide en dirección Este u Oeste de 0° hasta 180° y se designa mediante el símbolo ( $\lambda$ ).

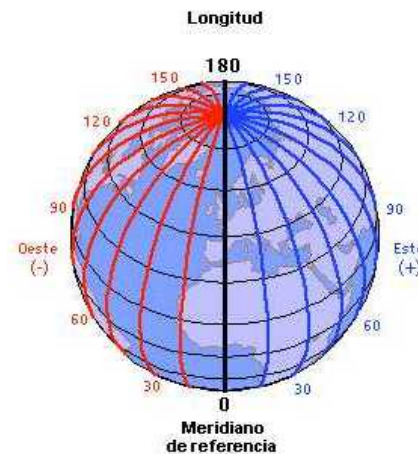


Figura 6. Longitud

Tomado de [www.libreopinion.net/foros/showthread.php?t=5370](http://www.libreopinion.net/foros/showthread.php?t=5370)

(Ver animación en CD)

### 1.7.2 Que es la Latitud?

Es el ángulo que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medido sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Se mide en dirección Norte o sur de 0° hasta 90° y se designa mediante el símbolo ( $\omega$ ).

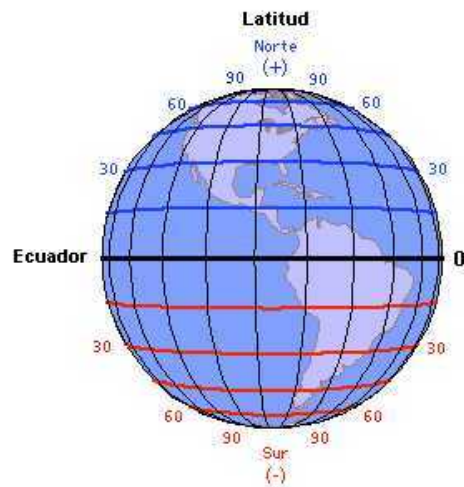


Figura 7. Latitud

Tomado de [www.libreopinion.net/foros/showthread.php?t=5370](http://www.libreopinion.net/foros/showthread.php?t=5370)

(Ver animación en CD)

## 1.8 PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

“Una proyección cartográfica, es aquella que permite representar una superficie esférica como la Tierra en una lámina de papel plana”<sup>3</sup>

Dado que una superficie plana no puede ajustarse a una esfera sin estirarse o encogerse tampoco es posible representar atributos de un globo en un mapa sin causar distorsiones.

Existen diversas proyecciones y cada una de ellas trata de minimizar dichas distorsiones.

(Ver animación en CD)

---

<sup>3</sup> Bugayevskiy y Snyder

## 1.8.1 Clasificación de las Proyecciones

### 1.8.1.1 Según los Grupos fundamentales:

- ✓ Proyecciones Acimutales o Planas:

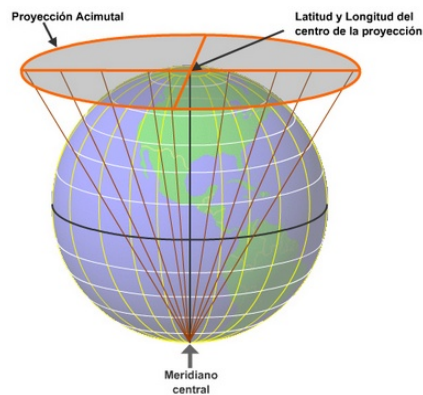


Figura 8. Proyección Acimutal

Generalmente se utiliza para representar las zonas polares en donde el polo si aparece como punto, los paralelos como círculos concéntricos y los meridianos como líneas que convergen en el polo. Son las más indicadas para representar superficies reducidas o cuando interesa que la información gravite en torno a un punto central.

Se divide en:

- Ortográfica
- Estereográfica
- De Lambert
- Gnomónica

✓ Proyecciones Cilíndricas:

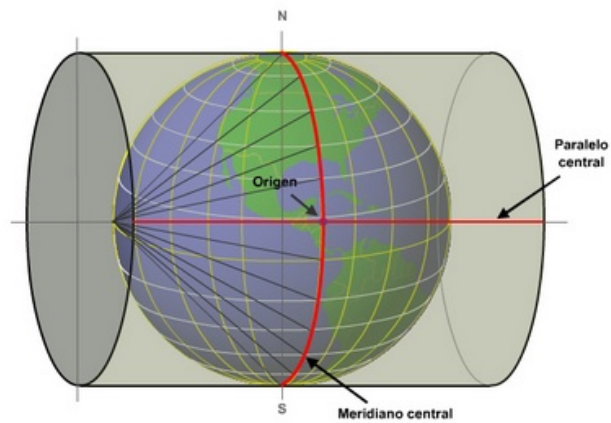


Figura 9. Proyección Cilíndrica

Las que utilizan un cilindro como figura base. Con ellas se realizan mapas de forma rectangular que suelen representar toda la superficie terrestre, también podemos decir que tiene algunos desperfectos debido a la forma de la tierra.

Se divide en:

- Cilíndrica Simple
- Cilíndrica Ortomórfica (Mercator)
- Cilíndrica Equiárea

✓ Proyecciones Cónicas

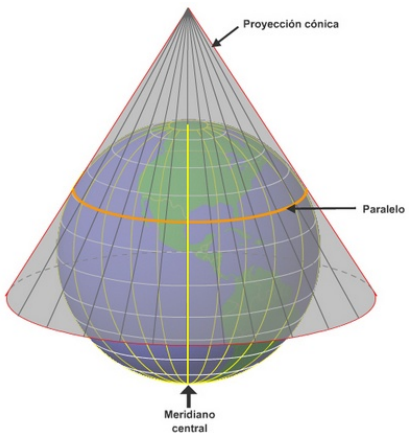


Figura 10. Proyección Cónica

Usa un cono tangente a la esfera terrestre, colocada de tal manera que el vértice del cono coincide con el polo. El mapa que resulta de ello es muy preciso, aunque la distorsión aumenta progresivamente.

Se utiliza frecuentemente para cartografiar países o continente pequeños.

Se divide en.

- Proyección de Bonne
- Conforme de Lambert
- Equivalente de Mollweide

**1.8.1.2 Según su Principal Propiedad:**

- ✓ CONFORME: Representa la esfera respetando la FORMA pero no el tamaño

- ✓ EQUIVALENTE: Respeta las DIMENSIONES DE LAS ÁREAS pero no su forma
- ✓ EQUIDISTANTE: Mantiene la DISTANCIA REAL entre los distintos puntos del mapa.

Una representación conforme no puede ser equivalente ni viceversa.

## **1.9 DEFORMACIONES**

Todo sistema por ser una representación plana de una superficie curva altera toda o parte de la superficie en mayor o menor grado, afectando sus elementos: distancias, ángulos, áreas, etc.

De acuerdo al sistema de proyección unos elementos sufrirán mayor deformación que otros, por lo tanto conociendo las características del mapa a producir se podrá escoger el sistema de proyección más adecuado.

Existen 3 tipos de deformaciones:

- Deformación areal
- Deformación angular
- Deformación en la dirección

### **1.9.1 Deformación Areal**

Si mantiene la relación entre las áreas el sistema de proyección se llama equivalente.

Se cumple si el producto de las escalas (en dos direcciones perpendiculares) que se conservan perpendiculares al hacer la proyección, es el mismo para todos los puntos.

### **1.9.2 Deformación Angular**

Si al hacer la proyección se conservan los ángulos, se dice que la proyección es conforme u Ortomórfica.

No hay sistema que pueda ser conforme y equivalente simultáneamente

### **1.9.3 Deformación en la Dirección**

Es debida a la imposibilidad de representar todas las direcciones mediante rectas.

## **1.10 DISTRIBUCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA COLOMBIANA <sup>4</sup>**

La cartografía básica colombiana está elaborada a escala 1:25.000 restituida a partir de fotografía aérea en escalas comprendidas entre 1:30.000 a 1:50.000.

El territorio colombiano está cubierto por cartografía a escala 1:100.000 obtenida a partir de reducciones de cartas a escala 1:25.000 utilizando procesos de filtración de la información (generalización cartográfica)

---

<sup>4</sup> Tomado del libro Sistemas de Información Geográfica, Jorge Gómez, Vanessa Quiroga, página 57 a la página 63.

### **1.10.1 Evaluación crítica y clasificación de la información gráfica**

- Carta General: Cartografía de muy buena calidad, con controles en su producción, restitución y salidas finales de alta confiabilidad.
- Carta preliminar: Cartografía editada en forma provisional, con control de campo insuficiente, muchas veces ajustado por detalles.
- Cartas actualizadas: Son actualizadas por medio de sistemas tipo Zoom Transfer Scope, aun de menor confiabilidad

### **1.10.2 Nomenclatura de planchas**

Nomenclatura de planchas. El territorio nacional está cubierto por cartografía a escala 1:100.000. La dimensión útil de una plancha a escala 1:100.000 es de 60 x 40cm. y se identifica por un número, ejemplo: 154

La subdivisión de esta se hace en cuatro planchas a escala 1:50.000 de dimensiones 60 x 40cm, se nombra 154-I, 154-II, 154-III, 154-IV

Estas cuatro a su vez se subdividen en cuatro planchas a escala 1:25.000 de dimensiones 60 x 40cm, se nombran 154-III-A, 154-III-B, 154-III-C, 154-III-D

La subdivisión de esta última produce la carta 1:10000, se nombran 154-III-D-3

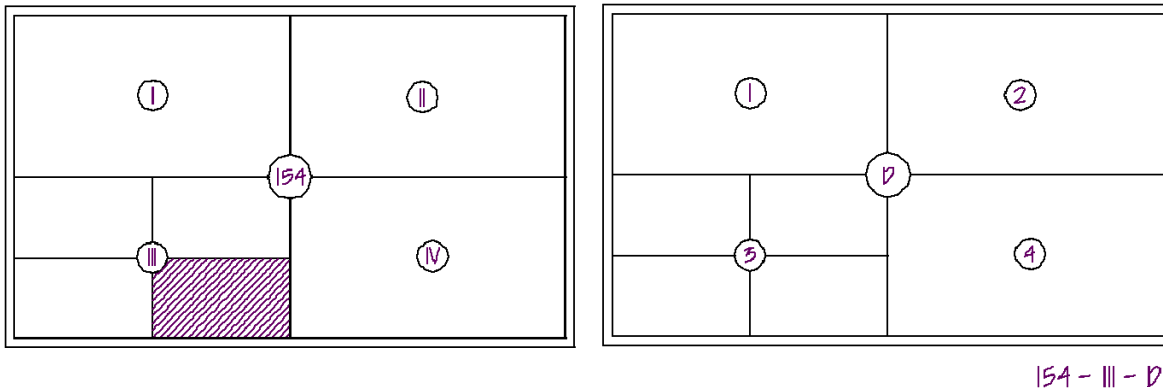


Figura 11. Ejemplo de nomenclatura de planchas

### 1.10.3 Datos a recolectar en el inventario cartográfico

El inventario de cartografía se efectúa con un registro detallado de:

✓ Información General:

- ❖ Nomenclatura de la plancha: se debe anotar el nombre completo de la plancha.
- ❖ Escala de restitución: debe aparecer en la parte media inferior de la plancha.
- ❖ Municipio: se debe tomar el nombre que aparece registrado en la plancha, en caso de no existir se registra con el nombre del municipio que se considere como el más representativo de la región que cubre la plancha.

✓ Información Detallada:

- ❖ Fechas: se debe indicar fecha de toma de fotografía, fecha clasificación, fecha de restitución y fecha de dibujo. Esto se hace con el fin de establecer el grado de actualidad de la información
- ❖ Porcentaje de restitución: mediante un gráfico se puede controlar el cubrimiento cartográfico ya que no siempre será del 100%.
- ❖ Calidad del papel: se considera papel de seguridad el que ofrece garantías de estabilidad dimensional y permanencia en el tiempo.
- ❖ Ampliación o reducción: se debe registrar los detalles de ampliación o reducción porque la precisión de salida nunca será mejor que la precisión del dato de entrada.
- ❖ Plancha actualizada: la actualización de una plancha por métodos diferentes a los fotogramétricos demerita la calidad de dicha plancha.
- ❖ Convenciones: debe verificarse que se estén utilizando bien y concuerden con las normas.

## **1.11 CARTOGRAFÍA DIGITAL (CAD)**

### **1.11.1 Que es Cartografía Digital**

Es una tecnología que nos permite convertir mapas comunes en mapas inteligentes, con la posibilidad de extraer información en línea de manera gráfica y escrita de cualquier sistema que se tenga en la organización.

### 1.11.2 Fases de la cartografía digital

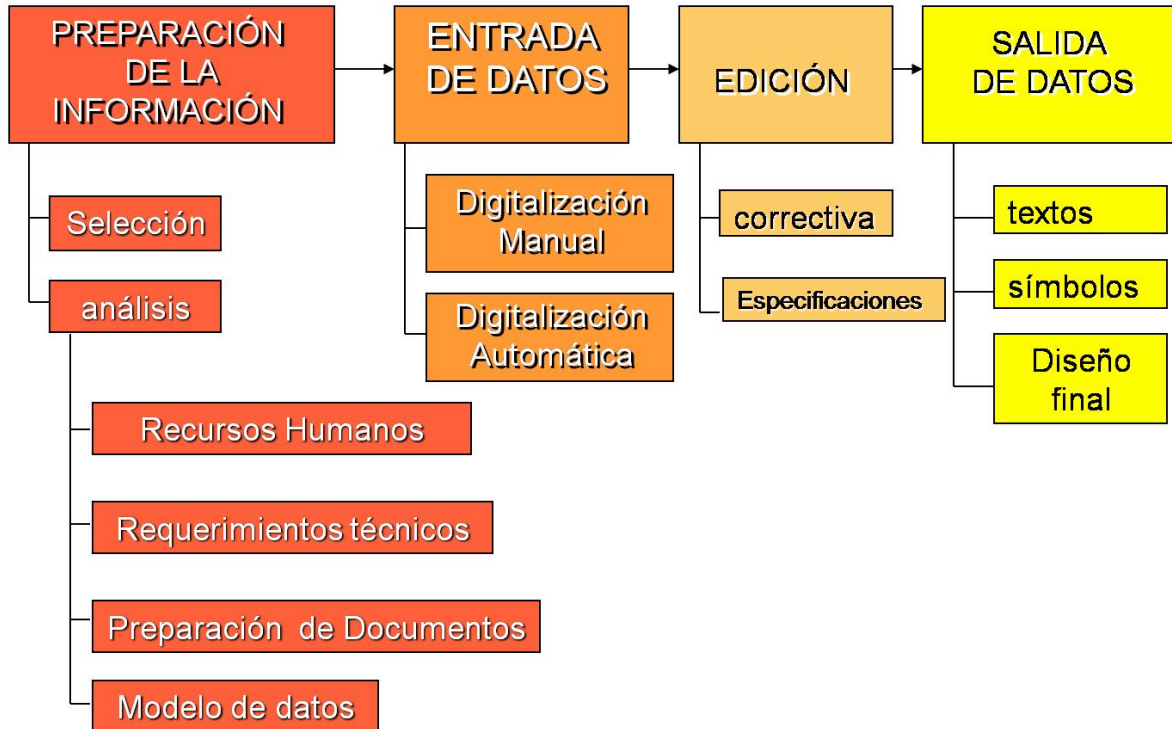


Figura 12. Fases de la Cartografía Digital

### 1.11.3 Ventajas de los CAD

- ✓ Menor tiempo y espacio en el almacenamiento, manipulación y salida de datos.
- ✓ Agilización en los procesos de actualización, modificación y edición.
- ✓ Se puede someter el mapa a ensayos sucesivos hasta lograr el producto deseado sin costo adicional.
- ✓ Mayor facilidad en los cálculos (áreas, distancias, longitudes y correlaciones entre otros).

- ✓ Permite incorporar en un mismo mapa, gran cantidad de información y extraer solo aquella que sea necesaria según el tipo de mapa que se quiera producir
- ✓ El mapa no se afecta por deformaciones ni alteraciones en su almacenamiento.
- ✓ Facilidad en la transferencia a cualquier sistema cartográfico o SIG.
- ✓ Permite transmitir información en forma eficiente vía modem, fibra óptica, redes o internet.
- ✓ Incremento en la productividad.

#### **1.11.4 Desventajas de los CAD**

- ✓ Altos costos iniciales en equipos y programas informáticos.
- ✓ Necesidad de operadores con conocimientos cartográficos e informáticos.
- ✓ Requiere de la reorganización en la producción, situación que reduce la producción en su primera fase de aplicación.
- ✓ Requiere actualización tecnológica en periodos cortos, dada la rapidez con que aparecen nuevas versiones y aplicaciones.

### 1.11.5 Diferencia entre CAD y SIG

CAD	SIG
<ul style="list-style-type: none"><li>• Su origen es el diseño y dibujo de nuevos objetos, con el uso de los CAD (diseño asistido por computador)</li><li>• Menor volumen y diversidad de datos</li><li>• No se hacen funciones de análisis espacial.</li><li>• No hay generación de topología.</li><li>• El objetivo principal es el de producir mapas o planos con una presentación de calidad</li><li>• Los usuarios principales son: diseñadores arquitectos e ingenieros y luego los cartógrafos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El SIG surgió a partir de los CAD</li><li>• Mayor volumen y diversidad de datos</li><li>• Se utilizan funciones de análisis espacial</li><li>• La topología es estrictamente necesaria.</li><li>• El objetivo principal es la producción de nueva información espacial a través del análisis</li><li>• Los usuarios principales son : Profesionales de los recursos naturales tales como geógrafos, forestales, geólogos, agrónomos, edafólogos y biólogos entre otros</li></ul>

### 1.12 TOPONIMIA

Es la actividad mediante la cual el cartógrafo registra en el mapa los nombres de los elementos representados. Esta representación tiene sus propias normas, regidas en nuestro medio por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Entidad que forma parte importante del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

El objetivo fundamental de la toponimia o también llamada popularmente nomenclatura es mostrar la mayor densidad toponímica pero sin llegar a la ilegibilidad por aglomeración de nombres. Esta actividad generalmente es desarrollada por personal con amplia experiencia.

Es importante tener en cuenta que lo que el clasificador (llamada así la persona que va a campo a adelantar este trabajo) registre datos necesarios y correctos, tomados directamente en la zona en donde está trabajando y no por referencias verbales o gráficas. Igualmente, debe cerciorarse que los nombres consignados son totalmente reconocidos y aceptados en la zona, por los residentes en ella. Adicionalmente debe cerciorarse que si suprime algunos nombres, los que quedan satisfacen la necesidad de orientación e identificación cartográfica de la región

### 1.13 ROTULACIÓN<sup>5</sup>

La rotulación permite la identificación de los elementos geográficos, aporta una información directa sobre los elementos cartografiados, como su extensión mediante la colocación de los rótulos, su naturaleza mediante el color o tipo de letra y su importancia mediante su tamaño.

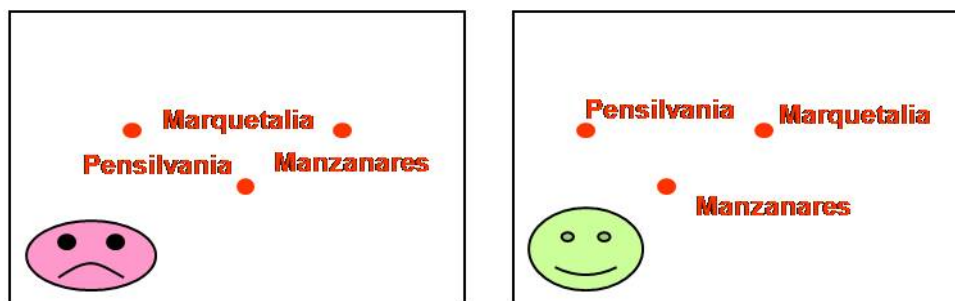


Figura 13. Ejemplo de rotulación 1

<sup>5</sup> Figuras tomadas de Material del IGAC

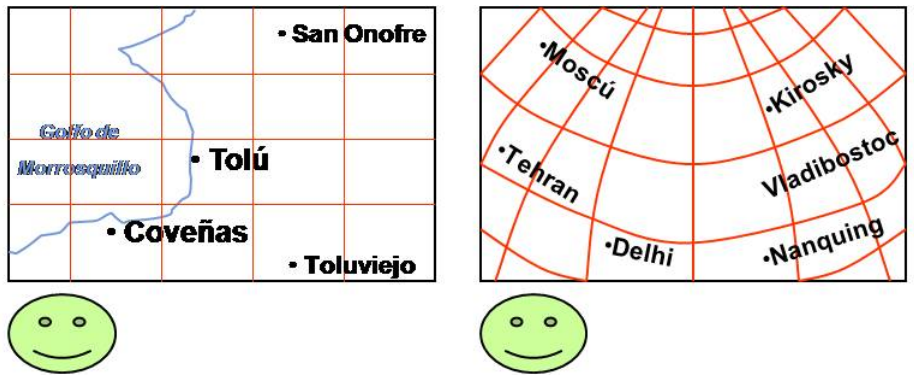


Figura 14. Ejemplo de rotulación 2

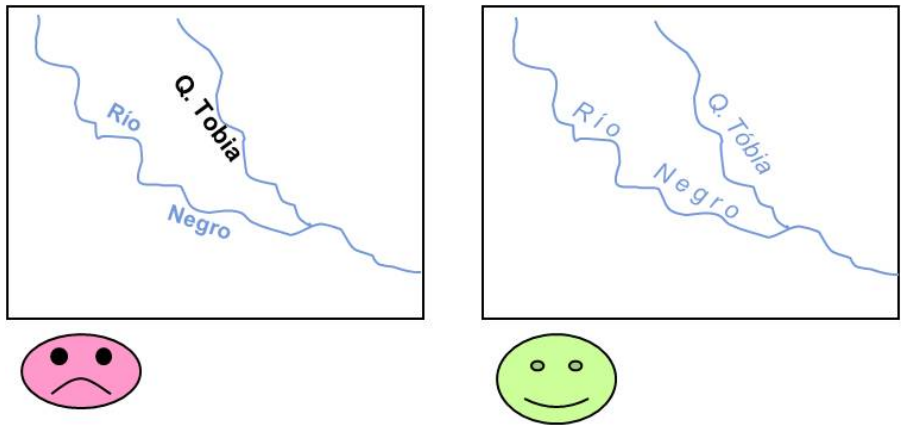


Figura 15. Ejemplo de rotulación 3

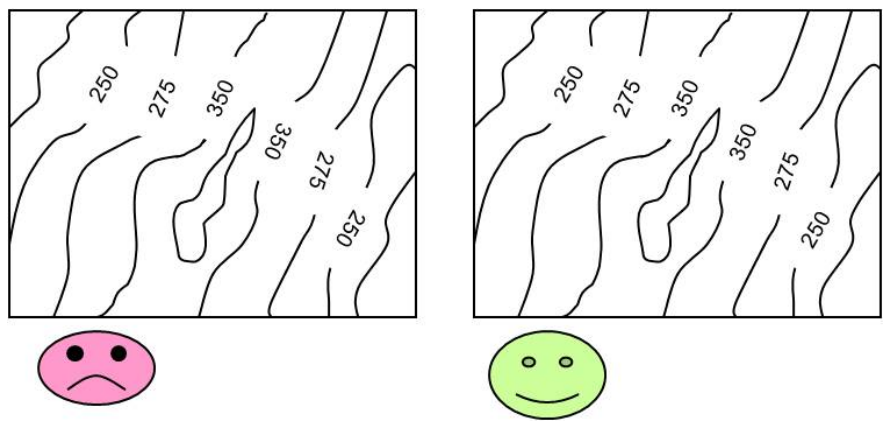


Figura 16. Ejemplo de rotulación 4

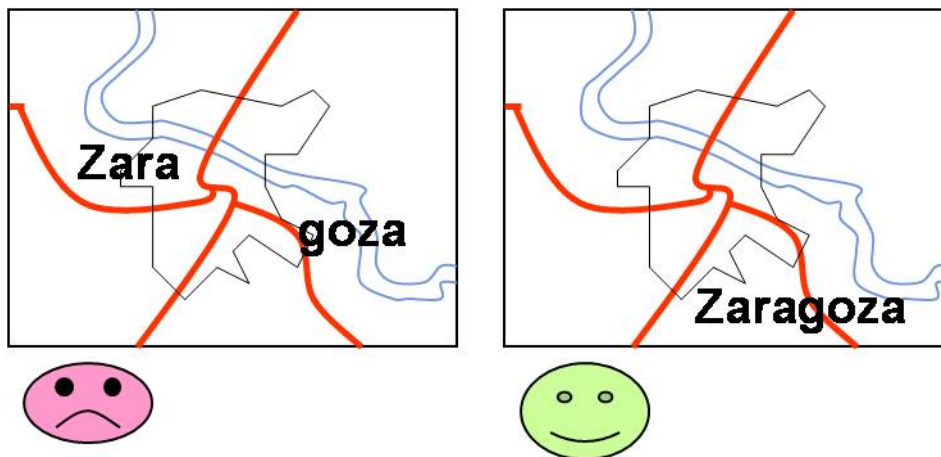


Figura 17. Ejemplo de rotulación 5

No conviene tampoco el uso de abreviaturas que, ocasionalmente, puedan inducir a error por similitud con otros nombres parecidos.

#### 1.14 SIMBOLOGÍA - SEMIOLOGÍA GRÁFICA

“Ciencia que recopila y analiza el lenguaje gráfico y que enseña a transmitir correcta y eficazmente los productos del pensamiento”.<sup>6</sup>

Si observamos una línea prolongada, con pequeñas subdivisiones perpendiculares, a una distancia uniforme, deducimos que el elemento representado es una línea férrea, o que un rectángulo con una banderita significa la presencia de una escuela. Este es el lenguaje cartográfico o simbología.

Para que este lenguaje funcione, es indispensable que haya uniformidad de criterios y que existan normas exactas y precisas para la representación de cada elemento

---

<sup>6</sup> Andre, 1986

En Colombia, dichas normas las establece el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, allí se encuentran publicados los modelos de Objetos a escalas 1:2000 y 1:25000 en donde se registran todos los símbolos uniformes, establecidos hasta el momento.

### 1.14.1 Representaciones Gráficas de la Semiología

Las representaciones más usadas en cartografía son:

- Mapa topográfico
  - Mapa temático
  - El corte
  - El Bloque diagrama
  - Las Redes
  - Los Diagramas
  - Los Coremas
- ✓ Mapa topográfico



Figura 18. Mapa Topográfico  
Tomado de [www.oarval.org](http://www.oarval.org)

Es una representación del relieve de la superficie terrestre a una escala definida, incluyen curvas de nivel que permiten reflejar la forma de la superficie de la tierra.

Se diferencia de los planos topográficos en que representan amplias áreas del territorio.

- Mapa temático

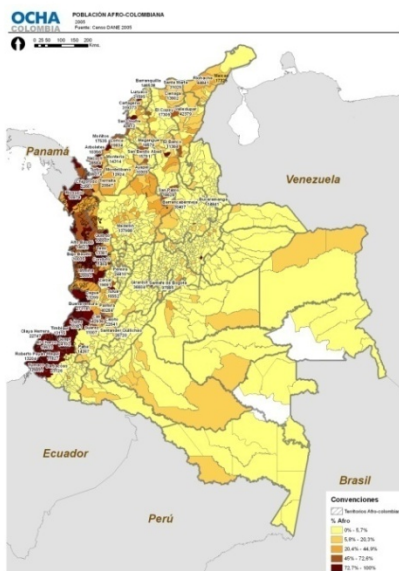


Figura 19. Mapa Temático  
Tomado de [www.colombiassh.org](http://www.colombiassh.org)

Es la representación de ciertas características de distribución, relación, densidad y regionalización de objetos reales.

- El corte

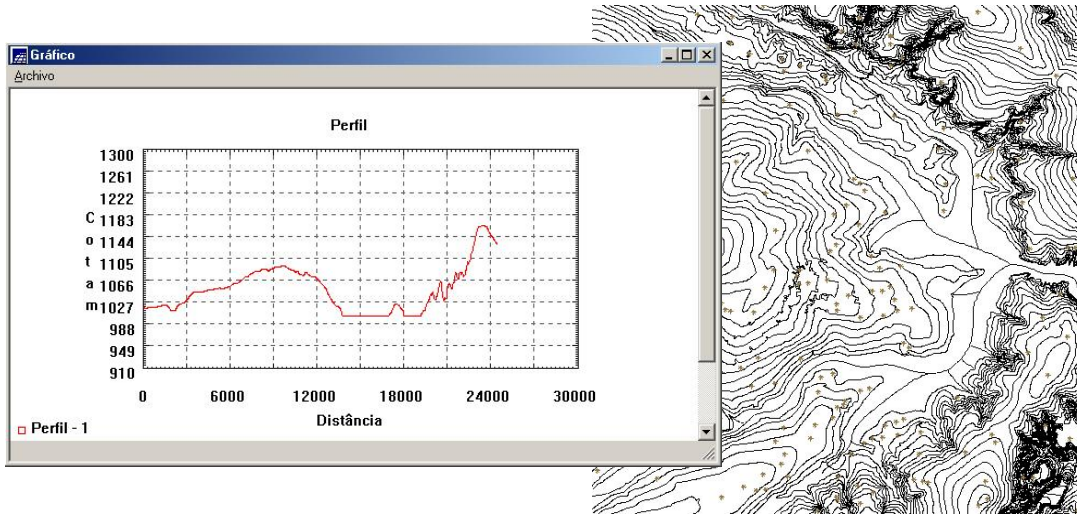


Figura 20. El corte

El corte permite crear una idea de cómo es el relieve de una región, este se hace sobre un mapa con curvas de nivel. Para hacer un corte topográfico se deben seleccionar dos puntos del mapa, trazar una línea recta entre ambos y anotar la distancia entre las curvas de nivel que atraviese.

Su escala normalmente debe de ser la misma que la del mapa. En el eje vertical se ubica una escala diferente, mayor que la del mapa, para resaltar el relieve. Por ejemplo, si la escala horizontal es 1:50.000 la vertical puede ser 1:10.000

- La vista en perspectiva o bloque diagrama

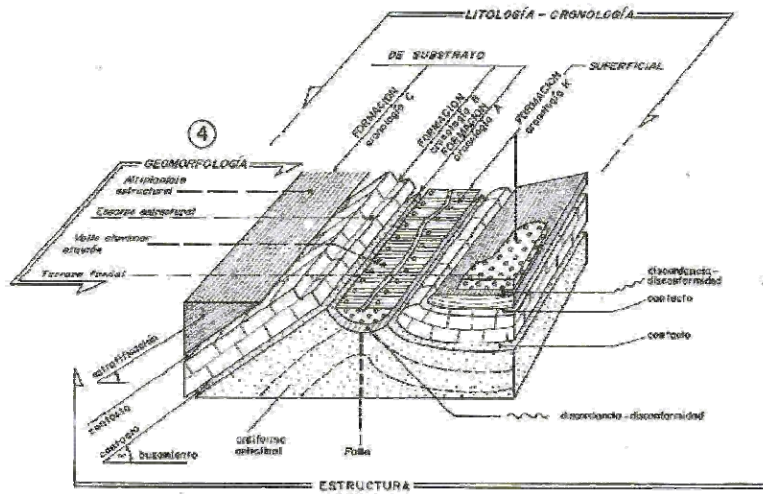


Figura 21. Vista en perspectiva

El bloque diagrama da una imagen en tres dimensiones, se crea dibujando la red regular sobre el área que nos interesa (por ejemplo un cuadrado de diez líneas horizontales y diez verticales), sobre cada línea se hace un corte topográfico y de esta manera se obtiene la malla deformada por las altitudes. Finalmente se dibuja el relieve interpretándolo artísticamente.

La mayoría de los bloque diagramas se completan dibujando un basamento que normalmente contienen el sustrato geológico

- Las redes



Figura 22. Las Redes

Las redes proporcionarán las relaciones entre los elementos de un mismo grupo.

- Los diagramas

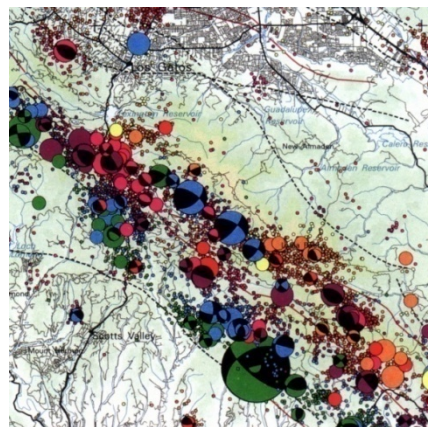


Figura 23. Diagramas

Y los diagramas nos permitirán estudiar las dependencias entre componentes distintos.

- Los coremas

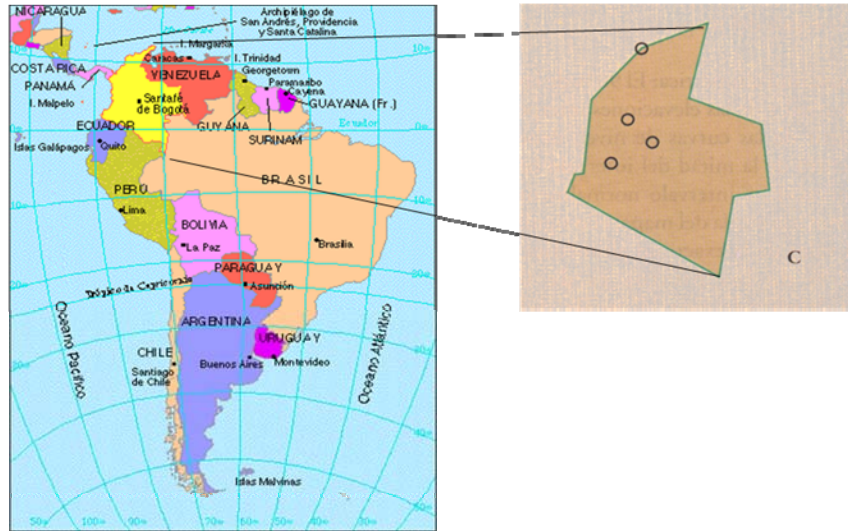


Figura 24. Coremas  
(Ver animación en CD)

“Representaciones gráficas muy esquemáticas, basadas en sencillas figuras geométricas de los elementos que conforman un espacio y de las relaciones que se establecen entre ellos, y realizadas con la finalidad de crear un modelo espacial para el análisis geográfico”<sup>7</sup>

El proceso cartográfico para elaborar el Corema se basa en varias fases sucesivas: calcar, generalizar, redondear, simplificar y geometrizar.

<sup>7</sup> Encarta

### **1.14.2 Sistemas de Representación Gráfica**

Los sistemas de representación pueden ser de dos clases: Cualitativos y cuantitativos.

✓ Cualitativa:

- Símbolos de puntos
- Símbolos de línea
- Símbolos de áreas
- Símbolos de volúmenes

✓ Cuantitativa:

Se refiere al calificativo de Grande, Mediano o pequeño aunque también puede incluir cifras numéricas, como en el manejo de volúmenes vehiculares en estudios viales, población, etc.

### **1.15 VARIABLES VISUALES**

Las variables visuales pueden ser de tres clases:

- ✓ Puntos: Signos individuales que denotan posición, intensidad o localización representativa para datos agregados.
- ✓ Líneas: Signos lineales individuales.
- ✓ Áreas

Una representación gráfica de un elemento en cartografía transmite al usuario una percepción que debe ser la apropiada en cada caso para que interprete en el mapa su verdadera representación.

## 1.16 PROPIEDADES PERCEPTIVAS DE LAS VARIABLES VISUALES

Las propiedades perceptivas son:

- ✓ Asociativa
- ✓ Selectiva
- ✓ Ordenativa
- ✓ Cuantitativa

### 1.16.1 Propiedad Asociativa<sup>8</sup>

Todos los símbolos que se representan tienen la misma importancia de tal manera que todos los símbolos se ven de la misma importancia. Esto transmite en el observador la sensación de uniformidad en su representación visual.



Figura 25. Propiedad Asociativa

<sup>8</sup> Figuras tomadas de Manuales del IGAC

### 1.16.2 Propiedad Selectiva

Los símbolos representan distintos grupos de acuerdo con una sectorización o regionalización del fenómeno representado. Se aplica frecuentemente en mapas temáticos, como por ejemplo mapas de suelos.



Figura 26. Propiedad Selectiva

### 1.16.3 Propiedad Ordenativa

Los símbolos de esta variable representan un orden perfecto y previamente establecido, indicando la importancia del fenómeno representado.

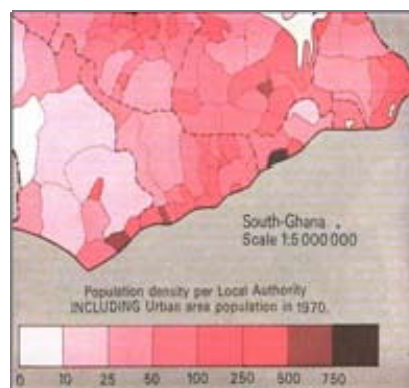


Figura 27. Propiedad Ordenativa



Cuando se exagera un símbolo, los símbolos vecinos se ven afectados y se verán forzados a sufrir cierto desplazamiento. Por tal razón, en sitios en donde exista una gran cantidad de símbolos, conviene buscar la mejor distribución posible de tal manera que su afectación no incida en la confiabilidad del mapa.

En los mapas topográficos se exige que sea mayor la precisión planimétrica que en los mapas temáticos, por esto los desplazamientos deben ser mínimos y cuidadosamente controlados

Se trata entonces de transformar los datos no cartográficos en formas perfectamente cartografiables, de tal manera que el eventual usuario del mapa lo comprenda.

El proceso de abstracción consta de tres elementos:

- La selección de elementos.
- Su clasificación.
- Simplificación.

### **1.17.1 Selección de Elementos**

La Selección comprende desde la decisión del espacio que cubrirá el mapa, la escala que va a utilizarse, la cual irá de la mano con la calidad y cantidad de elementos a cartografiar; la clase de elementos a cartografiar.

También debe considerar aquellos elementos que como parte del proceso de generalización serán eliminados con el objeto de hacer el mapa legible para el usuario.

### **1.17.2 Clasificación**

La clasificación consiste en agrupar los elementos similares, de tal manera que se reduzca la complejidad del mapa.

### **1.17.3 Simplificación**

Los elementos anteriormente mencionados, selección y clasificación son ejemplos mismos de simplificación, aunque también incluye aspectos tales como la eliminación de detalles innecesarios, actividad llamada generalización. Esta generalización se aplica a todo el mapa con el objeto de tener una imagen final perfectamente legible para el usuario final.

## **1.18 GENERALIZACIÓN**

“Es un grupo de técnicas que permiten mantener la cantidad de información presente en un mapa a pesar de reducir la cantidad de datos”.<sup>9</sup>

Este proceso es complejo teniendo en cuenta que deben simplificarse datos pero la información debe permanecer constante.

La generalización es, pues, un proceso propio e ineludible en la formación de un mapa, que hasta el momento no ha podido ser totalmente sistematizado

Consta de los siguientes pasos

- Selección de detalles:
- Posición del objeto

---

<sup>9</sup> NCGIA ,1989

- Tamaños mínimos
- Generalización aplicada a diferentes elementos del mapa
- Simplificación de líneas
- Interrupción de líneas
- Simplificación de la hidrología
- Simplificación de las curvas de nivel

## **2. FOTOGRAMETRÍA**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

La carpeta con el nombre FOTOGRAMETRÍA que aparece en el CD contiene un archivo llamado FOTOGRAMETRÍA.EXE, el cual debemos abrir para acceder a la información. Los archivos allí almacenados son necesarios para la reproducción de los videos que se consignan en este.

Al igual que en los demás temas en la aplicación hay diversas animaciones que nos conducen a un alto grado de entendimiento de los fenómenos allí presentados.

Adicional a las animaciones se cuenta con un video que ilustra cómo utilizar el programa Anabuilder, (software para la creación de fotografías estereoscópicas), igualmente se adjuntan las gafas necesarias para la correcta visualización de los anaglifos.

## OBJETIVO:

- Conocer el proceso fotogramétrico para la creación de mapas a partir de fotografía aérea o de otros sensores remotos.
- Adquirir los principios básicos para diseñar un vuelo fotogramétrico en zonas donde no exista cartografía apropiada.
- Aprender los métodos de cartografía digital y su estado en el Arte.
- Afianzar conocimientos básicos para el manejo de la cartografía de diferentes fuentes (digital, analógica)

## 2.2 QUE ES LA FOTOGRAMETRÍA?

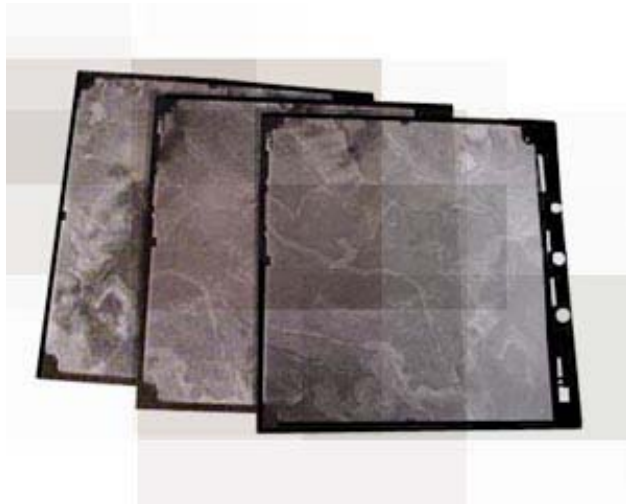


Figura 29. Fotogrametría

Es la ciencia o el arte de realizar medidas en base a fotografías a fin de determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados<sup>10</sup>

Los adelantos a la fecha son inmensos y más si se tiene en cuenta la inclusión de los sistemas digitales

---

<sup>10</sup> Daniel Deagostini Routinin, 1990

## 2.3 OBJETIVO DE LA FOTOGRAMETRÍA

- Confección de Mapas topográficos empleando para esto en análisis cuantitativo y cualitativo de la imagen.
- Determinar las coordenadas de puntos de control en el terreno.
- Diseñar carreteras, canales, etc.
- Estudio de deformaciones de estructuras.

## 2.4 CLASIFICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría se divide de acuerdo al tipo de fotografía empleada o la forma en que es empleada, así:

✓ De acuerdo al tipo de fotografía:

- Fotogrametría terrestre: cuando las fotografías son tomadas desde un punto de la superficie terrestre (generalmente con el eje horizontal)

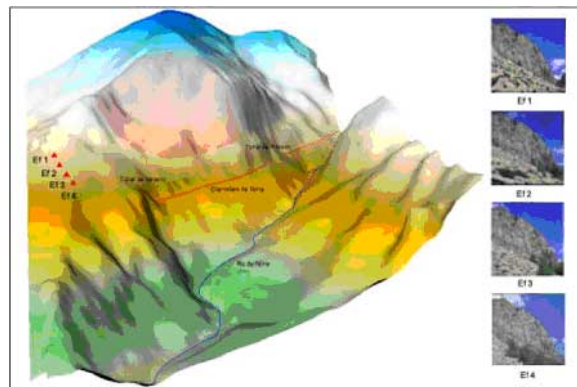


Figura 30. Fotografía terrestre

- Fotogrametría aérea: cuando las fotos son tomadas desde un avión.



Figura 31. Fotografía aérea

✓ De acuerdo a la forma en que es empleada:

- Estereofotogrametría: se refiere al análisis de pares de fotografías que cubren una zona común para hacer análisis mediante instrumentos que permitan obtener una visión tridimensional.
- Fotogrametría analítica: se miden coordenadas planas  $(x,y)$  en las fotografías y por medio de relaciones matemáticas se reconstruye un modelo en el cual se puede calcular las coordenadas espaciales  $(x,y,z)$

## 2.5 DIFERENCIA ENTRE FOTOGRAFÍA Y MAPA

Las diferencias que existen entre una fotografía y un mapa están dadas por:

- Sistemas de proyección
- Características del terreno
- Equipo utilizado

### 2.5.1 Sistemas de proyección

Se utiliza el sistema de proyección central cuya característica principal estriba en que todos los rayos pasan por un punto denominado centro de proyección.

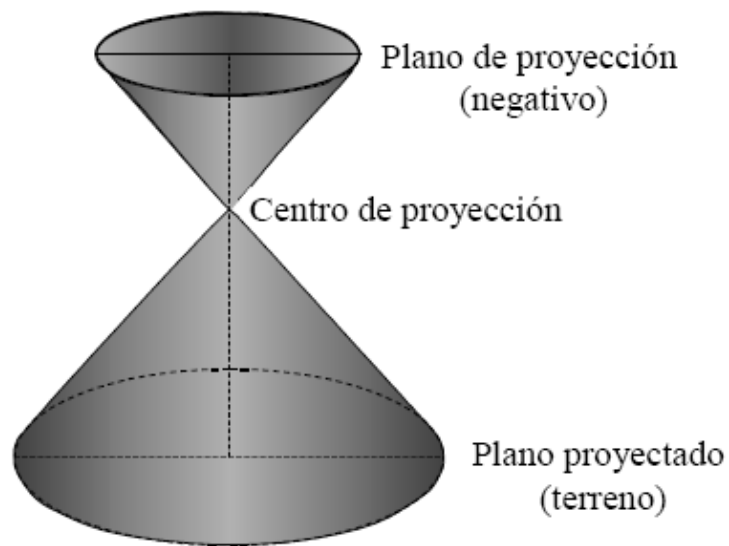


Figura 32. Sistema de proyección central

#### PROPIEDADES:

- Todas las líneas provenientes del plano proyectado pasan por un solo punto denominado centro de proyección.
- Líneas paralelas entre sí en el terreno, son proyectadas como líneas paralelas en el plano de proyección, cuando el eje óptico es perpendicular a las mismas.
- Todos los elementos del terreno que se elevan por encima del plano medio de referencia, aparecen desplazados radialmente y hacia afuera a partir del punto nadir.

## 2.5.2 Características del terreno

Si fuese posible tomar una fotografía vertical de un terreno plano con un equipo libre de distorsión, el resultado sería una imagen real.

Los problemas que se deben enfrentar se dan por que esta situación es únicamente teórica y corresponden a:

- Curvatura de la tierra: solo es importante en aquellos casos en que el área cubierta es muy extensa
- Relieve del terreno: produce un desplazamiento de la imagen con respecto al plano de referencia.

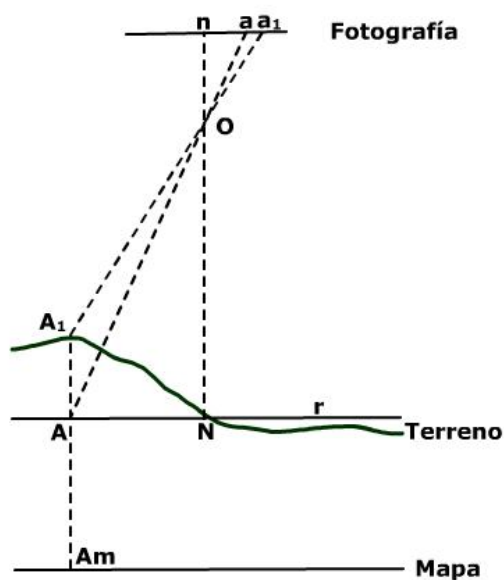


Figura 33. Comparación entre Fotografía, terreno y mapa

Tomado del libro Fotogrametría, de Daniel Deagostini Routin

(Ver animación en CD)

### 2.5.3 Equipo utilizado

- Avión
- Cámara
- Película

### 2.6 ELEMENTOS DE UNA FOTOGRAFÍA AÉREA:<sup>11</sup>

- ✓ Altura (Z): es la distancia del centro de proyección al plano del terreno.
- ✓ Distancia Principal (c): es la distancia del centro del objetivo al plano del negativo.
- ✓ Distancia Focal (f): es el punto sobre el eje principal donde se forma la imagen.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{Z} + \frac{1}{c}$$

- ✓ Punto nadir (n en foto y N en el terreno): es la intersección de la vertical que pasa por el centro de proyección con el plano del negativo.
- ✓ Punto Principal (p en la foto y P en el terreno): es la proyección ortogonal del centro de proyección sobre el plano de la fotografía.
- ✓ Isocentro (i en la foto e I en el terreno): es el punto en que la bisectriz del ángulo determinado por la perpendicular al plano negativo y la vertical que pasa por el centro de proyección corta el plano del negativo.
- ✓ Plano Principal: es el plano vertical que contiene el eje óptico de la cámara.
- ✓ Línea Principal: es la intersección del plano de la fotografía con el plano principal.

---

<sup>11</sup> Tomado del libro Fotogrametría, de Daniel Deagostini Routini, página 16 a página 20.

- ✓ **Isolínea:** es la línea del plano de la fotografía perpendicular a la línea principal que pasa por el isocentro.
- ✓ **Línea de Vuelo:** es la unión de pares sucesivos de puntos principales.
- ✓ **Ejes:** en una fotografía el eje X se refiere a la línea de vuelo, el eje Y a la dirección perpendicular sobre el plano de la foto y el eje Z al eje perpendicular a ambos.
- ✓ **Formato:** es el marco que limita la imagen.
- ✓ **Campo angular:** es el ángulo en el vértice del cono de luz que atraviesa el objetivo para formar la imagen

$$\alpha = 2 \arctg \left( \frac{d}{2c} \right)$$

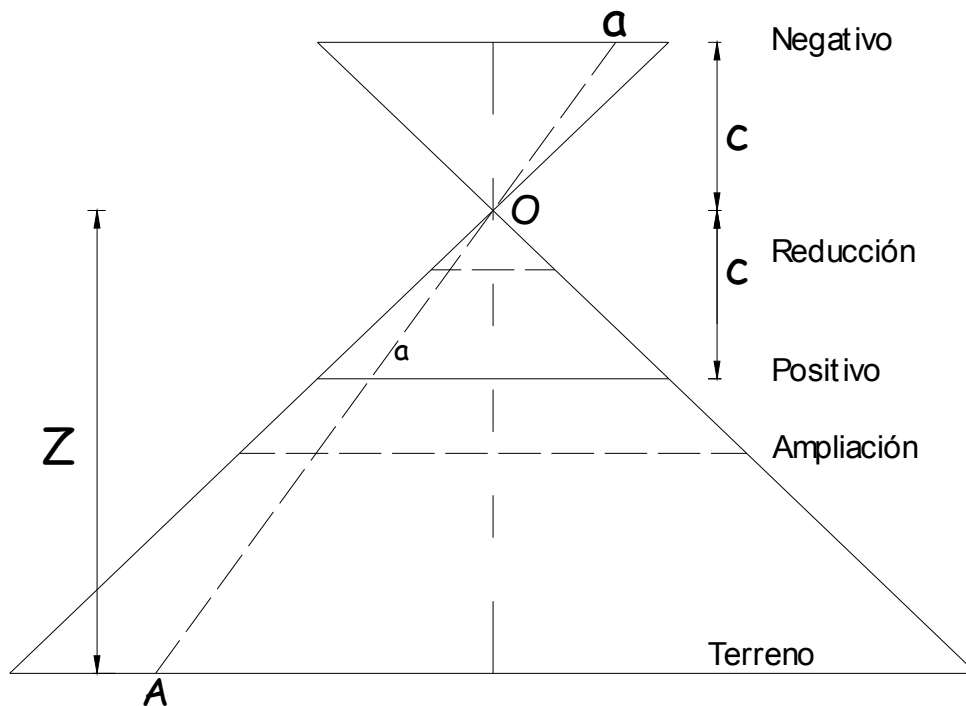


Figura 34. Esquema de una Cámara Fotográfica  
Tomado del libro Fotogrametría, de Daniel Deagostini Routin

(Ver animación en CD)

## 2.7 DEFORMACIONES EN LAS FOTOGRAFÍAS

Las deformaciones corresponden a los desplazamientos o imperfecciones que afectan la calidad de la imagen desde el punto de vista cuantitativo.

Las deformaciones pueden ser:

- ✓ Desplazamiento debido al relieve
- ✓ Desplazamiento debido a la inclinación de la fotografía
- ✓ Distorsión

### 2.7.1 Desplazamiento debido al relieve

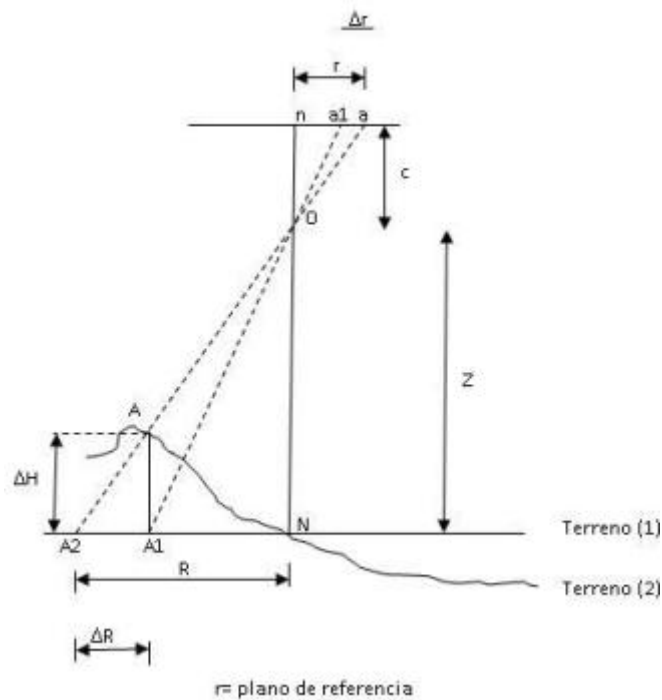


Figura 35. Esquema del desplazamiento debido al relieve

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

(Ver animación en CD)

Cuando el terreno no es plano existe una diferencia radial, la cual se puede conocer mediante el teorema de Tales:

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta H}{Z}$$

Por lo tanto se puede deducir que:

- ✓ El desplazamiento crece radialmente a partir del punto nadir (n) y proporcionalmente al valor r.
- ✓ El desplazamiento es directamente proporcional a la diferencia de altura  $\Delta H$  con respecto al plano de referencia.
- ✓ El desplazamiento es proporcional a la altura de vuelo Z sobre el plano de referencia

La utilidad fundamental es obtener la altura del elemento ( $\Delta H$ ), sin necesidad de ir al terreno.

$$\Delta H = \frac{\Delta r}{r} * Z$$

Es importante resaltar que esta diferencia de altura solamente puede hallarse por este método cuando los dos puntos a medir pertenecen a la misma vertical.

### 2.7.2 Desplazamiento debido a la inclinación de la fotografía

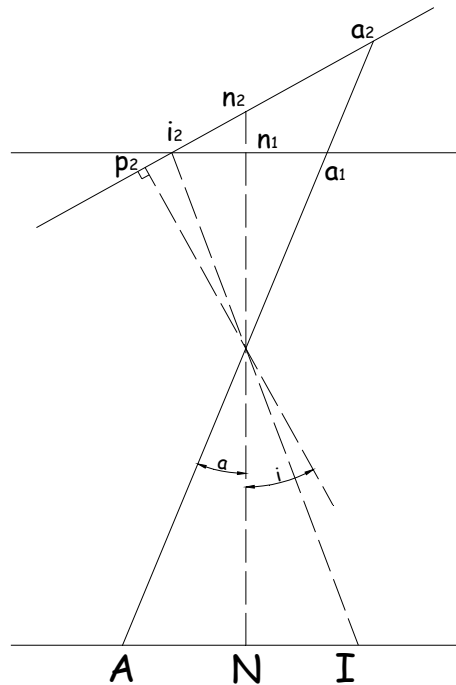


Figura 36. Desplazamiento debido a la inclinación de la fotografía

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

El desplazamiento debido a la inclinación es radial a un punto llamado isocentro, sin embargo ese desplazamiento no sigue una relación lineal como el caso del desplazamiento debido al relieve.

Las imágenes se desplazarán hacia el isocentro en la parte baja de la fotografía negativa y hacia afuera del isocentro en la parte alta. A lo largo de la intersección de la foto inclinada y la vertical equivalente los desplazamientos son nulos.

### 2.7.3 Distorsión

Se le llama distorsión a la desviación que sufre el rayo al atravesar el objetivo.

Es un error que afecta la posición de los detalles en la imagen pero no en la calidad de la misma y tiene dos componentes: una en dirección radial y la otra en dirección tangencial.

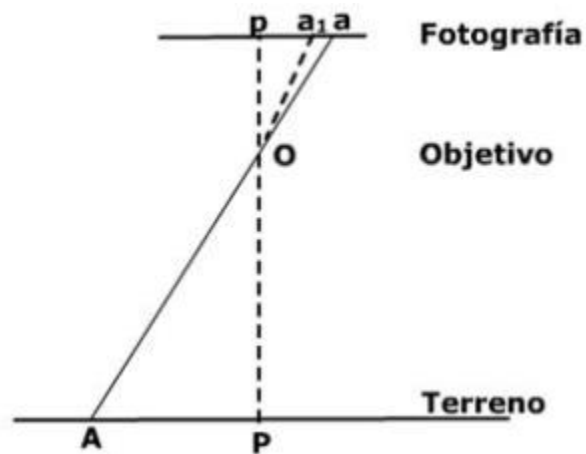


Figura 37. Esquema de distorsión

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

(Ver animación en CD)

- ✓ Distorsión radial: desplaza un punto de su posición ideal en la fotografía y puede ser controlado parcialmente por el diseñador del objetivo.
- ✓ Distorsión tangencial: se produce por un error en el proceso de manufactura (centraje imperfecto). Este valor es muy pequeño tanto que puede despreciarse.

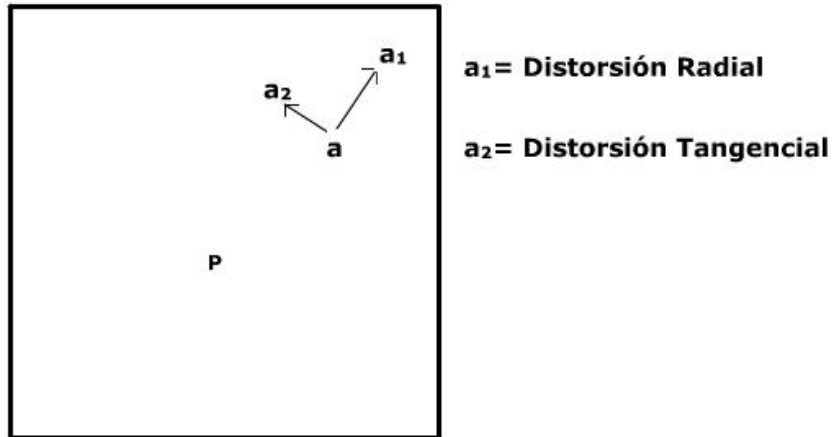


Figura 38. Distorsión radial y tangencial  
 Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

### 2.7.3.1 Curva de Distorsión

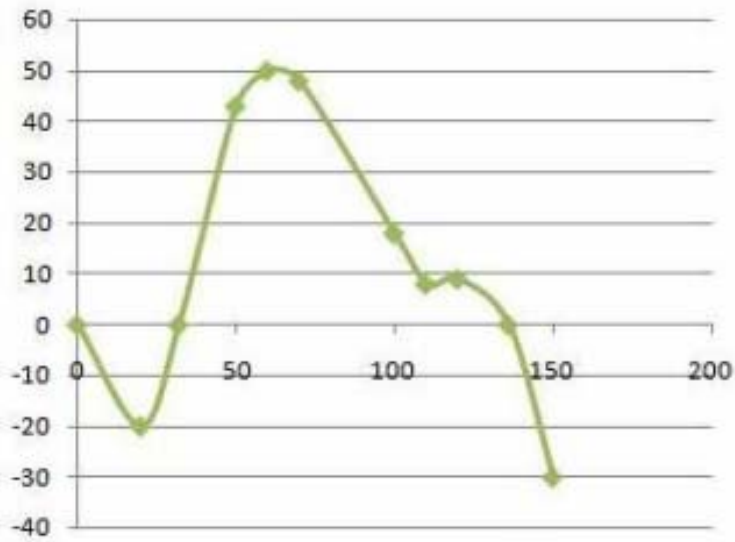


Figura 39. Curva de Distorsión

Consiste en medir el error de la distorsión a lo largo de cada una de las cuatro semidiagonales de la fotografía para dibujar sus curvas de distorsión, en la cual el eje de las abscisas será las distancias radiales y el eje de las ordenadas los valores de distorsión.

Con estas curvas de distorsión se puede adoptar la posición del punto principal de óptima simetría y dibujar una curva media para las cuatro semidiagonales. En base a esta curva media se escoge el nuevo valor calibrado de la distancia principal y se puede dibujar la curva final de distorsión.

## 2.8 ERROR COMBINADO

En una fotografía pueden presentarse las 3 deformaciones geométricas; no es sencillo separarlas para corregirlas independientemente.

Si se asume que los tres errores ocurren al mismo tiempo la posición final del punto se tendrá por suma de los tres vectores  $aa_1$ ,  $aa_2$  y  $aa_3$  de manera que la posición final del punto será  $a_0$ .



Figura 40. Error combinado

## 2.9 CLASIFICACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Las fotografías aéreas se clasifican según varios criterios, pero los más empleados se dan en función de:

- ✓ El campo angular del objetivo
- ✓ La inclinación del eje de la cámara.

### 2.9.1 El campo angular del objetivo

De acuerdo al valor del campo del objetivo con que se toman las fotografías éstas pueden ser:

- Normales si su campo es de  $60^\circ$
- Granangulares si su campo es de  $90^\circ$
- Supergranangulares si su campo es de  $120^\circ$

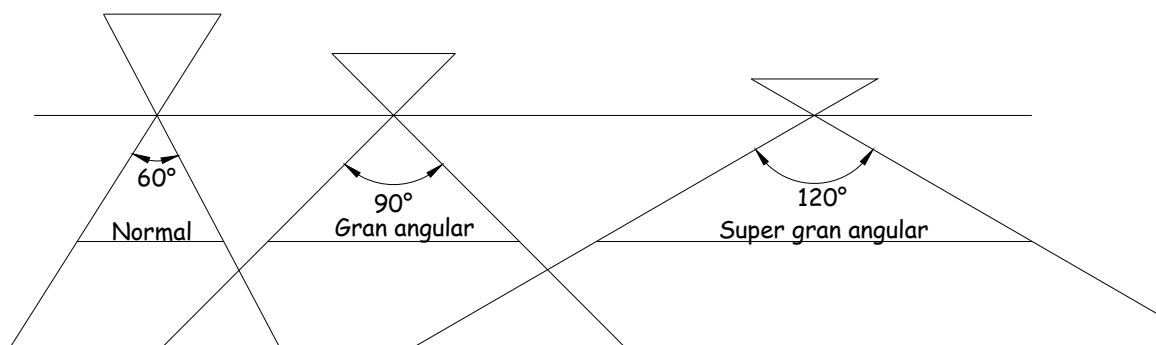


Figura 41. Campo angular

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

### **2.9.1.1 Normales**

Tienen desplazamientos pequeños debido al relieve y dan buena precisión en trabajos planimétricos. Se utilizan fundamentalmente para toma de fotografías en áreas urbanas.

Por su campo angular, el cubrimiento en área es pequeño, lo que ocasiona un mayor número de fotografías

Tiene el inconveniente de dificultar un poco las mediciones altimétricas por estar el observador muy encima del objeto.

### **2.9.1.2 Granangulares**

Es una alternativa intermedia entre las otras dos opciones. Su uso está muy generalizado en Colombia, principalmente por tener un punto intermedio entre las ventajas de las otras dos (y de las desventajas).

### **2.9.1.3 Supergranangulares**

Las fotografías supergranangulares tiene desplazamientos de relieve grandes y la precisión para la medición de alturas es muy buena, el inconveniente se da en áreas montañosas donde puede ocurrir áreas muertas.

Por su amplio ángulo el cubrimiento es bastante mayor que los dos anteriores. No obstante, esta misma capacidad puede ocasionar que en terrenos montañosos existan zonas en donde los objetos altos escondan objetos pequeños, los cuales van a quedar sin estereoscopía. Igual caso se presenta cuando se trata de zonas montañosas en donde zonas altas cubren las zonas bajas ocasionando los llamados "gaps" o "zonas muertas"

#### 2.9.1.4 Relación entre campo angular y distancia principal

Tipo de objetivo de la cámara	Campo angular	Dist. Principal para fotografías de 23cm x 23cm	Cámara
Normal	60°	210 mm	SOM
Granangular	90°	152 mm	ZEISS RAK
Supergranangular	120°	88 mm	WILD RC9

**Tabla 1. Relación entre campo Angular y Distancia principal**

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

#### 2.9.2 La inclinación del eje de la cámara

De acuerdo a la desviación del eje de la cámara con respecto a la vertical, las fotografías se clasifican en:

- Verticales: si el ángulo de inclinación es inferior a 3°
- Inclinas: si el ángulo de inclinación es superior a 3° pero no aparece en la línea de horizonte de la fotografía. Estas pueden ser a su vez:
  - ✓ Oblicua: si su inclinación es hacia los lados del avión
  - ✓ Convergente: si su inclinación es a lo largo de la dirección de vuelo
- Muy inclinada: si el horizonte de la fotografía aparece.
- Terrestre: cuando el eje de la cámara es horizontal.

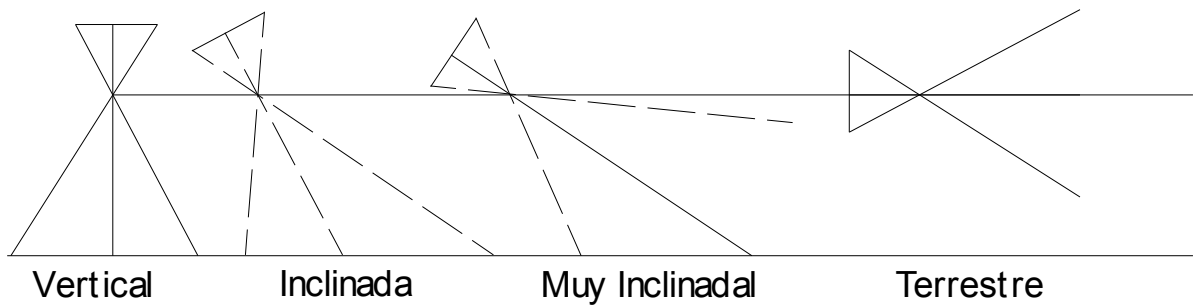


Figura 42. Clasificación fotografía según inclinación del eje de la cámara  
(Ver animación en CD)

En las fotografías verticales la escala es uniforme mientras que en las demás varían en forma lineal. En consecuencia estas son más fáciles de mapear.

## 2.10 ESCALA DE LAS FOTOGRAFÍAS

Es la relación entre una distancia medida en el terreno y su correspondencia media en la fotografía.

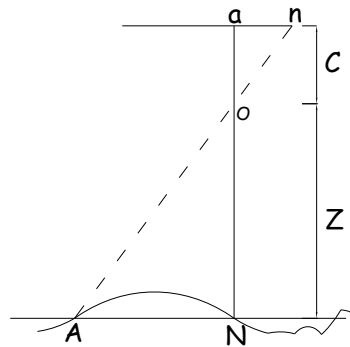


Figura 43. Escala de una fotografía

Se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{E} = \frac{na}{NA} = \frac{c}{Z}$$

## 2.11 FOTOGRAFÍA AÉREA VS MAPA

MAPA	FOTOGRAFÍA AÉREA
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proyección ortogonal</li> <li>✓ Escala uniforme</li> <li>✓ Representación geométrica correcta</li> <li>✓ Selección de objetos. Todos los objetos son representables.</li> <li>✓ Los elementos aparecen desplazados de su posición real y en tamaño diferente debido a la generalización, exageración y simbolización.</li> <li>✓ Es una representación abstracta en que la leyenda es indispensable</li> <li>✓ En general es necesario redibujarlo para cambiar la escala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proyección central</li> <li>✓ La escala varía en función de la inclinación de la foto y de las diferencias de nivel.</li> <li>✓ Representación geométrica no correcta debido a los desplazamientos</li> <li>✓ Solo los objetos visibles son representables.</li> <li>✓ Los objetos aparecen desplazados y desfigurados por las deformaciones geométricas.</li> <li>✓ Es una representación real de la corteza terrestre en que la leyenda reduce el valor.</li> <li>✓ Fotográficamente se puede ampliar o reducir la escala (dentro de ciertos límites)</li> </ul>

**Tabla 2. Diferencia entre fotografía aérea y mapa**

## **2.12 CÁMARAS AÉREAS**

Son cámaras diseñadas especialmente para tomar fotografías desde aviones, globos, helicópteros o desde vehículos espaciales.

Funcionan como las cámaras terrestres pero tienen requisitos diferentes.

Es el instrumento que recoge la información básica, necesaria para todo el proceso posterior de fotogrametría y de fotointerpretación; por tanto la imagen recogida debe ser de óptima calidad tanto cualitativa como cuantitativa.

Las cámaras aéreas son sensores pasivos, no emiten energías sino que recogen

## **2.13 CLASIFICACIÓN DE LAS CÁMARAS AÉREAS**

Las cámaras aéreas se pueden clasificar de acuerdo con los diferentes elementos, de la siguiente forma:

- Cámaras con formato en función del campo angular del objeto
- Cámaras en función del uso
- Cámaras en función de la inclinación del eje óptico

### **2.13.1 Cámaras con formato en función del campo angular del objeto**

Teniendo en cuenta el campo angular se pueden clasificar las cámaras en 3 tipos:

- Normales si su campo es de  $60^\circ$
- Granangulares si su campo es de  $90^\circ$
- Supergranangulares si su campo es de  $120^\circ$

### **2.13.2 Cámaras en función del uso**

Dentro de este grupo podemos subdividir las en 3 tipos:

- Cámaras de reconocimiento: son aquellas cuya finalidad es la identificación de objetos, no permiten realizar operaciones métricas.
- Cámaras métricas: su principal objetivo es obtener imágenes para realizar con ellas todo tipo de mediciones.
- Cámaras especiales: son aquellas cuyo diseño obedece a un propósito especial, un ejemplo es la fotografía nocturna.

### **2.13.3 Cámaras en función de la inclinación del eje óptico**

En este grupo también podemos subdividirla en 3 grupos:

- Cámaras para fotografías verticales: cuando la inclinación del eje óptico de la cámara con respecto a la vertical es inferior a  $2$  o  $3^\circ$
- Cámaras para fotografías inclinadas: cuando la inclinación del eje óptico de la cámara con respecto a la vertical es mayor a  $3^\circ$  e inferior a  $90^\circ$
- Cámaras para fotografías terrestres: es un tipo especial de cámara que se emplea para la toma de fotografías horizontales.

## 2.14 FOTOGRAFÍAS AÉREAS



Figura 44. Fotografía aérea de Venecia

Tomado de <http://fotografiaaerea.wordpress.com>

La imagen que se obtiene en estas fotografías son abstracciones del terreno en la cual los aspectos de la topografía, vegetación, drenaje, etc aparecen diferenciados por tono, color, textura y patrón.

Las radiaciones luminosas inciden sobre el terreno en forma directa o indirecta iluminándolo. Cada punto recibe una determinada cantidad de luz, de la cual absorbe un cierto porcentaje y refleja otro en función de las características físicas de las materias que lo componen.

El haz de luz se deforma al atravesar la lente y no produce una imagen puntual sino más bien una mancha que ha perdido nitidez.

Teniendo en cuenta que la imagen se ha formado con el avión en movimiento la cámara está sujeta a vibraciones por lo que se producirá un desplazamiento de la imagen que contribuye a reducir su nitidez.

## **2.15 PLAN DE VUELO**

Consiste en la definición de las características técnicas y geométricas que debe cumplir el vuelo para garantizar que ofrecerá las condiciones buscadas en el diseño.

En este plan deberá establecerse la línea de vuelo del avión (coordenadas de entrada y de salida), altura de vuelo, la cual definirá la escala obtenida, la velocidad del avión, la cual influirá en el intervalo de toma de fotos y en el arrastre de la fotografía (movimiento de la imagen), porcentaje de recubrimientos tanto transversal como longitudinal, cambios de altura para mantener la diferencia mínima de escalas, si fuere necesario, etc.

Muchas veces pese a tenerse planes de vuelo establecidos nunca se ha podido efectuar las tomas debido a la presencia de nubes.

## **2.16 VUELO**

Ya teniendo los detalles, la tripulación ejecuta el vuelo de acuerdo a las condiciones climáticas y horas favorables para tomar las fotografías.

En Colombia, normalmente se realizan con aviones tipo Cessna o similares

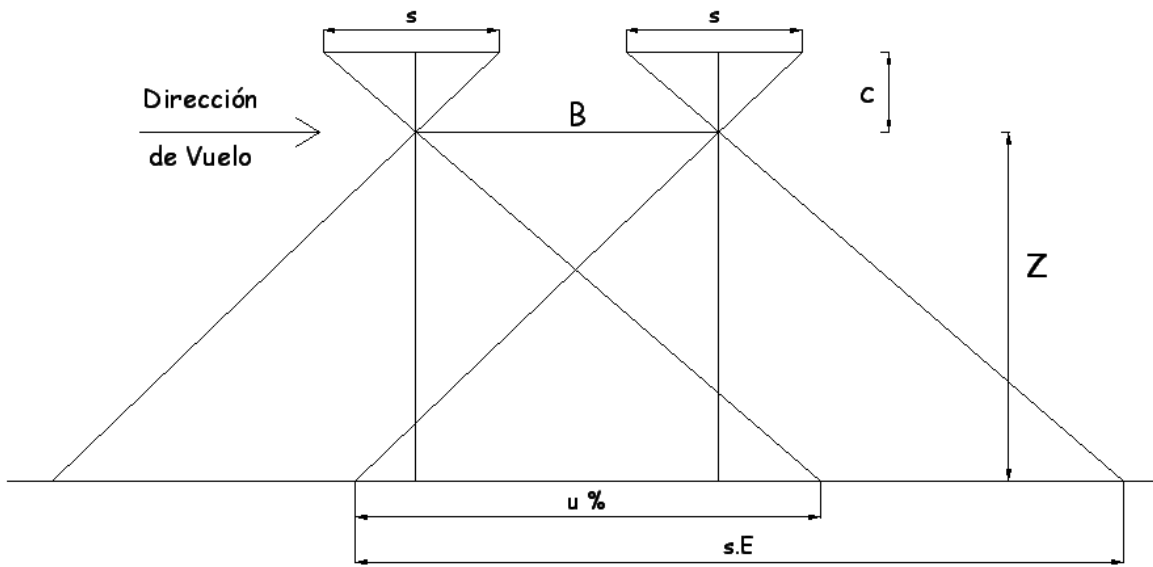


Figura 45. Recubrimiento longitudinal

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

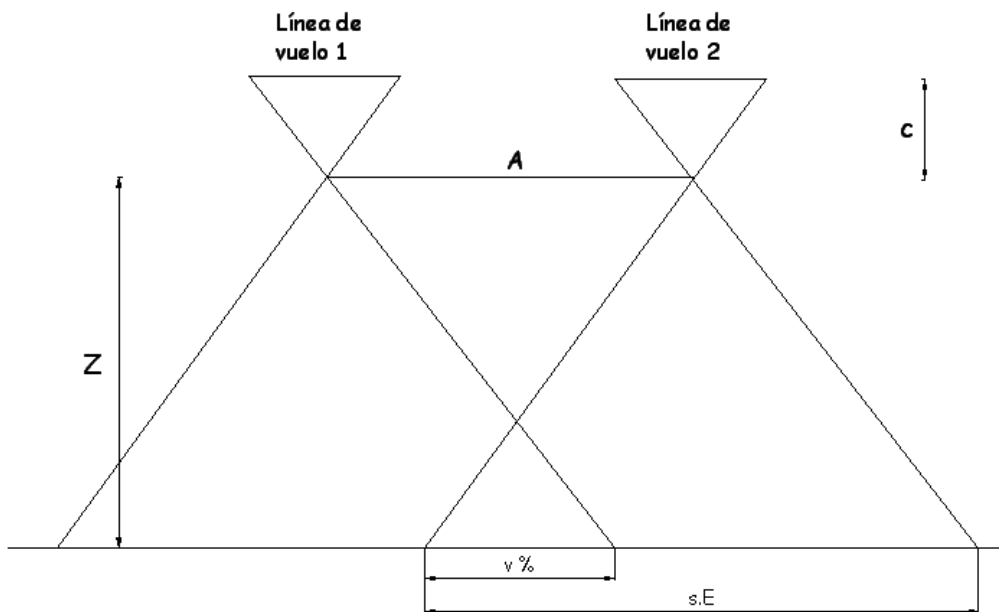


Figura 46. Recubrimiento lateral

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

Para obtener las diferentes características técnicas se hace empleo de las siguientes formulas:

- Escala  $\frac{1}{E}$
- Lado de la foto (terreno)  $S_t = s * E_t$
- Altura de vuelo  $Z_t = E_t * c$
- Separación entre líneas de vuelo  $A_t = s * E_t * (1 - v_t)$
- Base en el aire  $B_t = s * E_t * (1 - u_t)$
- Área fotografiada  $S_t^2 = (s * E_t)^2$
- Recubrimiento lateral  $v_t = 1 - \frac{A_t}{s * E_t}$
- Intervalo de exposición  $I = \frac{B_t}{GS}$
- Número de fotografías por línea de vuelo (NFLV):

$$NFLV = \frac{\text{longitud Línea de vuelo}}{\text{Base en el aire}} + 1$$

- Número total de fotografías (NTF):

$$NTF = \frac{\text{Ancho terrestre a fotografíar} - S}{A} + 1$$

## **2.17 EVALUACIÓN DE VUELOS**

Una vez hecha la toma de fotografía, se hace el proceso de evaluación en donde se verifica su calidad, contraste (definición clara de los elementos fotografiados) y otras características físicas.

- Verificación de cubrimiento de la zona prevista
- No existencia de huecos o “gaps” entre las fajas tomadas
- Recubrimiento longitudinal entre el 53 y el 67%
- Recubrimiento transversal entre el 10 y el 35%
- Deriva entre fotos y deriva total
- Escala media resultante del vuelo
- Presencia de nubes dentro de los límites establecidos

Como resultado de esta etapa, se elabora un Formulario de Evaluación en donde se registran los pormenores de este proceso, incluyendo los nombres de los tripulantes, observaciones registradas por ellos, escalas obtenidas, etc

## **2.18 VISIÓN BINOCULAR**

Al observar un objeto cualquiera, nuestros dos ojos, captan imágenes diferentes que al ser fusionadas por el cerebro en una sola, forman una imagen tridimensional que nos permite captar la profundidad.

Por lo tanto, una persona que carezca de visión por uno de sus ojos, no podrá entonces apreciar una tercera dimensión. Aún mas, una persona, por problemas físicos tales como desarrollo diferente de sus músculos oculares, podría no tener la capacidad de observar la tercera dimensión y muy posiblemente no se haya

percatado de este detalle. Tan solo mediante un examen adecuado puede descubrirse este hecho, pero también mediante tratamientos de ortóptica, adelantados por profesionales, se puede recuperar en muchísimos casos la capacidad de visión en tercera dimensión.

### 2.18.1 Requisitos para la observación estereoscópica de fotografías

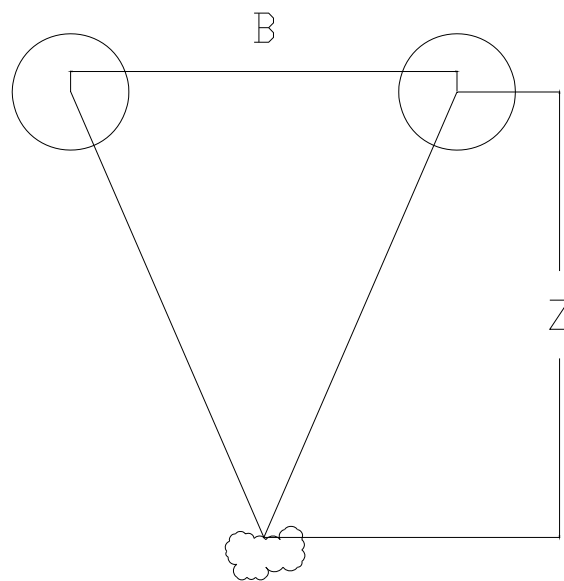


Figura 47. Visión Binocular

1. La relación  $B/Z$  debe estar comprendida entre 0.02 y 2

Sí:  $B/Z > 2$  las imágenes serán muy diferentes

$B/Z < 2$  en las imágenes no hay diferencia apreciable

El ideal es de 0.6

2. La diferencia de escalas entre dos fotografías deber ser inferior a  $\pm 15\%$ .

Valores mayores no permiten observar la 3 dimensión.

El ideal es de 0 %

3. Los ejes de la cámara en el momento en que se tomaron las fotografías deben pertenecer a un plano

### 2.18.2 Métodos para la observación estereoscópica de fotografías<sup>12</sup>

Esta observación se puede realizar por tres métodos:

- Observación con ejes cruzados: Consiste en mirar con el ojo derecho la fotografía izquierda y viceversa, produce mucha fatiga.

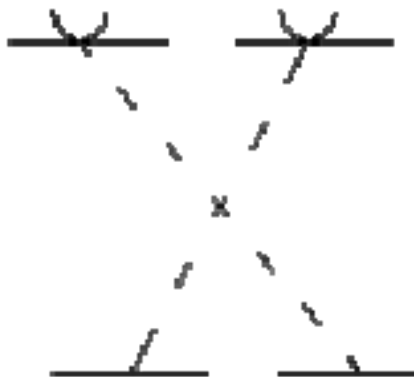


Figura 48. Observación estereoscópica con ejes cruzados

---

<sup>12</sup> Tomado del libro Fotogrametría, de Daniel Deagostini Routini, página 127 a página 128.

- Observación con ejes convergentes: Es el método normal de observación y es el más descansado.

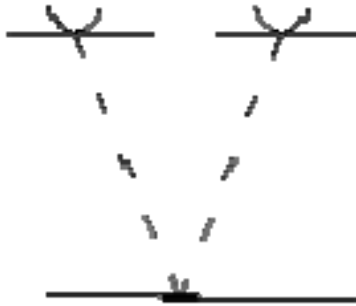


Figura 49. Observación estereoscópica con ejes convergentes

Como las dos imágenes son superpuestas es necesario observarlas mediante filtros para que cada ojo reciba una imagen. (Anaglifos)

- Observación con ejes paralelos: debido a que los ejes de los ojos convergen en el infinito y la acomodación tiene lugar en una distancia finita, se produce cansancio.

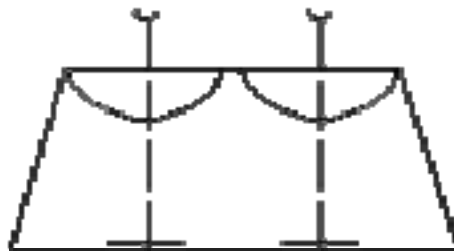


Figura 50. Observación estereoscópica con ejes paralelos

## 2.19 ESTEREOSCOPIOS

Son instrumentos ópticos a través de los cuales se pueden observar fotografías de objetos, pero no como representaciones planas sino con apariencia sólida y de profundidad.

El mecanismo consiste en presentar al tiempo dos fotografías del mismo objeto, una a cada ojo. Ambas están tomadas desde ángulos ligeramente diferentes y se observan a través de dos objetivos con lentes separadas e inclinadas para que coincidan y se fundan en una sola imagen tridimensional.

Existen varios tipos de estereoscopios, entre ellos tenemos:

- Estereoscopio de Bolsillo
- Estereoscopio de Espejos
- Estereoscopio con Prisma Dove
- Estereoscopio para observación de fotos a diferente escala
- Estereoscopio para observación tridimensional de fajas de fotografías
- Estereoscopio para observación simultánea de dos personas

### 2.19.1 Estereoscopio de Bolsillo

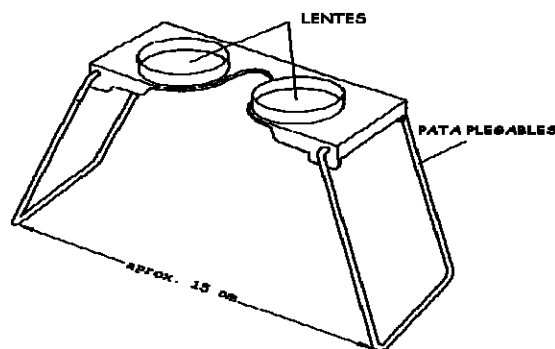


Figura 51. Estereoscopio de Bolsillo

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

Si nuestra observación va a ser con estereoscopio de bolsillo, se colocan las fotografías de tal manera que la separación entre las zonas a estudiar sea de aproximadamente 6.3 cm equivalentes a la distancia interpupilar de la mayoría de los observadores. Esta distancia no es necesario medirlas, tan solo por apreciación la que luego se corregirá ajustando el encaje entre las dos fotos con lo cual recreamos la tercera dimensión

### 2.19.2 Estereoscopio de Espejos

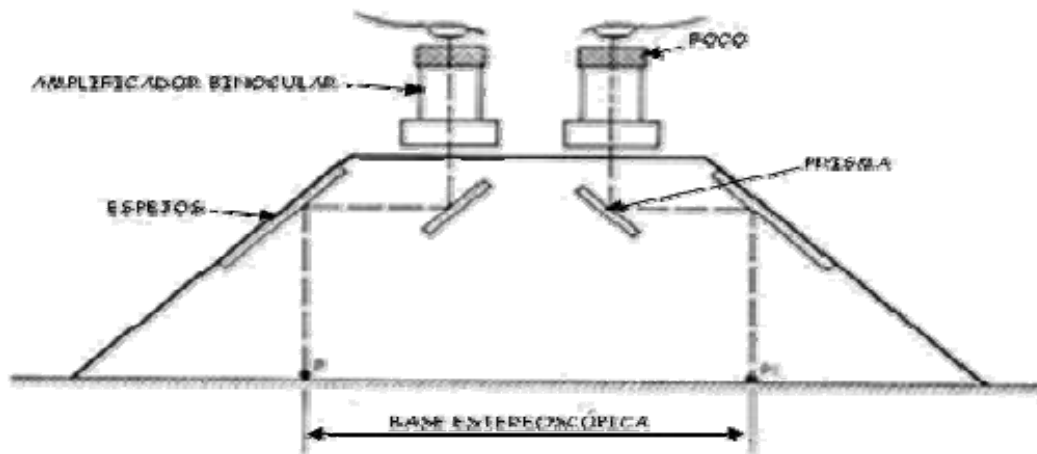


Figura 52. Estereoscopio de Espejos

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

Si la observación va a hacerse con estereoscopio de espejos, será de la siguiente manera.

- Se escoge el par estereoscópico
- Encontrar el centro de cada una de las fotografías mediante el cruce de líneas delgadas trazadas desde las marcas fiduciales

- c. Buscar el centro de cada fotografía en la fotografía compañera, identificando dicho punto lo más exacto posible.
- d. Colocar los cuatro puntos así encontrados (los dos centros de las fotografías y sus correspondientes imágenes en la foto compañera) sobre una misma línea recta.
- e. Colocar las fotografías sobre una mesa de tal manera que la distancia entre el centro de un fotografía y su punto compañero (puntos homólogos) sea de aproximadamente 26 cm.
- f. Colocar el estereoscopio de espejos en forma paralela a la línea de vuelo

## 2.20 ANAGLIFOS



Figura 53. Anaglifo

Son imágenes de dos dimensiones capaces de provocar un efecto tridimensional, cuando se ven con lentes especiales

El fundamento de ésta es muy sencillo, ya que sólo se trata de conseguir imitar el proceso natural de la visión estereoscópica humana por el cual cada ojo ve una imagen ligeramente distinta del objeto observado, ya que existe una separación entre ambos y, por tanto, una diferencia de perspectiva. Así, el cerebro recibe dos imágenes levemente diferentes y, combinándolas, produce la sensación de relieve en lo que vemos.

En los anaglifos, las imágenes de cada ojo son teñidas de colores complementarios (verde y rojo) (azul y rojo) y se deben utilizar gafas con los mismos colores. Al ser complementarios los colores, la imagen azul o verde se ve de color negro con el filtro rojo y las imágenes rojas se ven de color negro con el filtro verde o azul, de esta manera cada ojo ve la imagen del color complementario y disimula la de su propio color.

A partir de este principio podemos mezclar dos imágenes y al observarlas con filtros de color podemos separar las dos imágenes, finalmente si ponemos un filtro distinto en cada ojo, podemos proporcionarle a cada ojo las dos imágenes necesarias para obtener el efecto estereoscópico.

### **2.20.1 Tipos de Anaglifos**

Existen básicamente 3 maneras de codificar un anaglifo:

- **Color:** intentan preservar el máximo de la información de color de la imagen original. No todas las imágenes se verán bien como anaglifo de color, pero puede llegar a ser muy espectacular.
- **Gris:** utilizan una versión en blanco y negro de la imagen original. Generalmente es más fácil de ver que el anaglifo de color.

- Puro: convierten la imagen original en una imagen de sólo dos colores, ya sea rojo y azul, rojo y verde o rojo y “cian”.

### 2.20.2 Como crear anaglifos

1. Tomar dos fotografías de un objeto cualquiera desplazando la cámara de una fotografía a otra de 6 a 7cm (distancia interpupilar)



Figura 54. Fotografía izquierda



Figura 55. Fotografía derecha

2. Editar las dos imágenes en un software



Figura 56. Ejemplo de anaglifo1

3. Colocarse las gafas de anaglifos

(Ver video en CD)

### 2.20.3 Ejemplos de Anaglifos



Figura 57. Ejemplo de anaglifo 2



Figura 58. Ejemplo de anaglifo 3

## 2.21 PARALAJE

Es el cambio de posición de la imagen de un mismo punto en dos fotografías, producto del cambio de posición de la cámara.

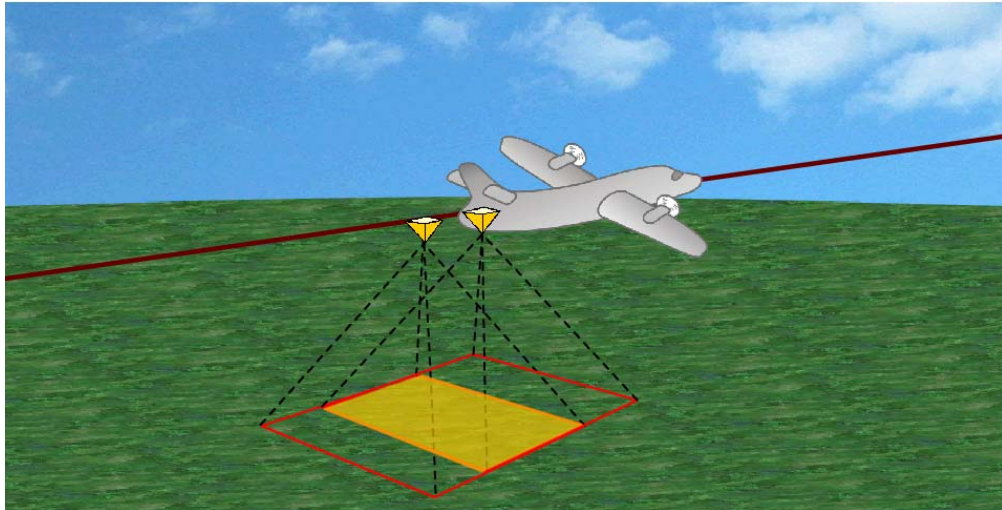


Figura 59. Paralaje

(Ver animación en CD)

Este desplazamiento por paralaje puede ser vertical, horizontal o ambos a la vez.

### 2.21.1 Paralaje en X

Se conoce como paralaje estereoscópico y es causado por una rotación en la posición de la observación.

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos

1. El paralaje de cualquier punto se relaciona directamente con la elevación de ese punto.

2. El paralaje es mayor para elevaciones más altas que para elevaciones bajas, manteniendo un ángulo de vista constante.

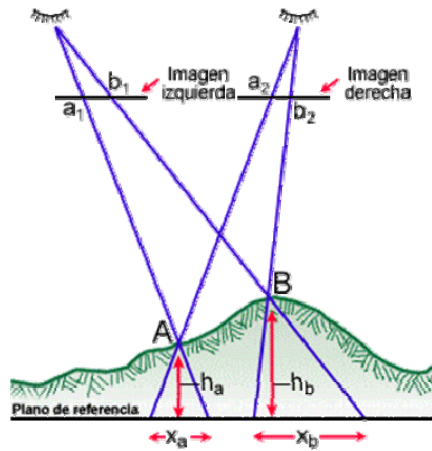


Figura 60. Paralaje en x  
Tomado de [www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

### 2.21.2 Paralaje en Y

Es la diferencia en distancias entre dos imágenes de un punto contenido en el plano vertical que contiene la base aérea.

Puede ser causado por:

- ✓ La inclinación de una o ambas imágenes respecto a un sistema de referencia exterior



Figura 61. Paralaje en Y debido a la inclinación

Tomado de [www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

- ✓ Por una variación en altura de vuelo

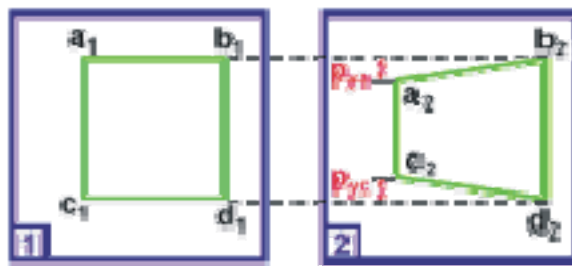


Figura 62. Paralaje en Y debido a la altura de vuelo

Tomado de [www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

- ✓ Debido a la alineación

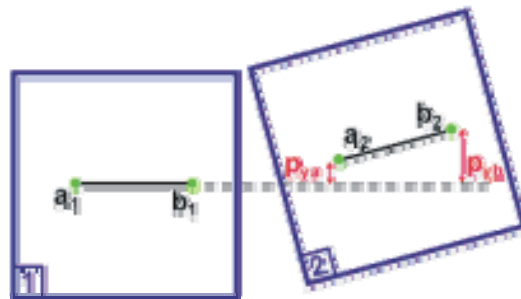


Figura 63. Paralaje en Y debido a la alineación

Tomado de [www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

### 2.21.3 Angulo Paraláctico

Es formado por la intersección de la línea de vista del ojo izquierdo con la línea de vista del ojo derecho.

El paralaje en X y el ángulo paraláctico están relacionados. Mientras que el paralaje aumenta, también lo hace el ángulo paraláctico.

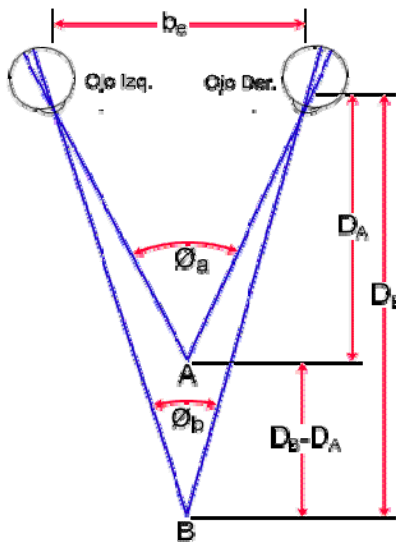


Figura 64. Angulo Paralático

#### 2.21.4 FORMULA DE PARALAJE<sup>13</sup>

La formula de paralaje es la relación matemática que permite calcular diferencias de altura a partir de diferencias de paralaje y viceversa.

Si se desea calcular la diferencia de altura entre dos puntos A y R, será necesario tomar uno de ellos como referencia (por ejemplo el punto R) y calcular la diferencia de altura del punto A con respecto a R.

Desde los centros de proyección  $O_1$  y  $O_2$  ubicados sobre una misma línea de vuelo se toman con la misma cámara dos fotografías verticales del punto A, obteniendo  $a'$  y  $a''$ . por  $O_2$  se traza una recta paralela a  $O_1A$  determinando el punto  $a''_1$  correspondiente de  $a'$  si las fotografías (1) y (2) se colocaran una sobre otra con los puntos principales en coincidencia.

<sup>13</sup> Tomado del libro Fotogrametría, de Daniel Deagostini Routini, página 146 a página 149

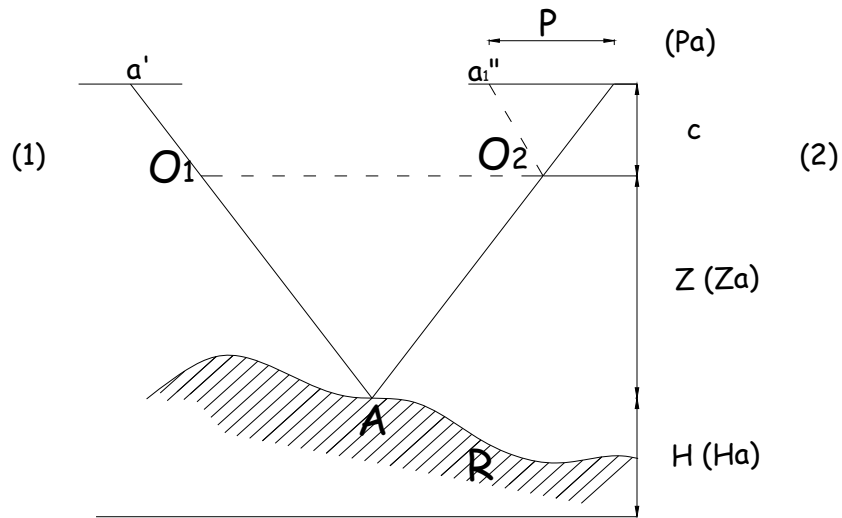


Figura 65. Relación P, B, c y Z

Tomado del libro Fotogrametría de Daniel Deagostini Routin

La distancia  $a_1''a_1'$  será el paralaje absoluto (P) del punto A.

Relacionando las bases y las alturas de los triángulos semejantes  $O_1O_2A$  y  $a_1''a_1'O_2$  se tendrá

$$\frac{Z}{c} = \frac{B}{P}$$

En el cual B y c son constantes para un par estereoscópico, pero Z y P varían en función del punto (A) del terreno.

$$Z_r = \frac{B \cdot c}{P_r} \quad \text{y} \quad Z_a = \frac{B \cdot c}{P_a}$$

Si se desea calcular la diferencia de altura entre los puntos A y R.

$$\Delta H_{ar} = H_a - H_r = -(Z_a - Z_r) = Z_r - Z_a$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta H_{ar} = \frac{B * c}{Pr} - \frac{B * c}{Pa} = B * c \left[ \frac{Pa - Pr}{Pr * Pa} \right]$$

$$\Delta H_{ar} = \frac{B * c}{Pr} \left[ \frac{Pa - Pr}{Pa} \right]$$

Se define  $\Delta Par = Pa - Pr$  y se sustituye este valor en el numerador y denominador

$$\frac{B * c}{Pr} = Zr \quad \Delta Par = Pa - Pr \quad \text{y} \quad Pa = Pr + \Delta Par$$

Obteniendo así

$$\Delta H_{ar} = \frac{Zr}{Pr + \Delta Par} * \Delta Par$$

En donde

- $Zr$  = altura de vuelo sobre el punto de referencia (expresada en m)

Si no se conoce exactamente  $Zr$  se puede emplear

$$Zm = c * Em$$

$$Zm = Zabs - Hm$$

- $Pr = p_1' p_2'' - r' r''$   
Paralaje absoluta del punto de referencia (expresada en mm con ½ mm de precisión)

Si no se conoce  $P_r$  exactamente se puede emplear como valor aproximado, la base de medida en una de las fotos o la base calculada en función del tamaño de la foto (s) y el recubrimiento longitudinal (u)

$$b = s * (1 - u)$$

- $\Delta Par = L_a - L_r$

Diferencia de las lecturas de paralaje (en mm con precisión de 1/100 mm)

Estas lecturas  $L_a$  y  $L_r$  se deben medir con una barra o cuña de paralaje con lectura invertida.

Nota: si el instrumento para lectura de paralaje es de lectura directa deberá calcularse

$$\Delta Par = L_r - L_a$$

También puede expresar la diferencia de paralaje  $\Delta par$  en función de la diferencia de altura.

$$\Delta Par = \frac{F_r}{F_r - \Delta H_{ar}} * \Delta H_{ar}$$

## 2.22 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE PENDIENTES

El ángulo de máxima inclinación de un plano puede ser obtenido a partir de fotografías por dos procedimientos:

- a) Medición: consiste en hallar la distancia horizontal entre los puntos que determinan la máxima pendiente y su diferencia de altura.
- b) Estimación: se estiman las pendientes por comparación con otras conocidas.

## **2.23 FOTOINTERPRETACIÓN**

Es la técnica o el arte de de examinar la imagen fotográfica del terreno con el propósito de identificar los diferentes componentes del paisaje y suministrar información del mismo.

### **2.23.1 Técnicas empleadas en la fotointerpretación**

Estás técnicas se clasifican en:

- ✓ Foto Lectura: se refiere al reconocimiento e identificación de objetos y su posición relativa.
- ✓ Foto análisis: es el proceso de separar y analizar las partes que componen un todo y establecer su interrelación con el fin de identificar el elemento.
- ✓ Fotointerpretación: además de los procesos anteriores, incluye un estudio detallado de los elementos que aparecen en las fotografías a fin de llegar a una correcta evaluación de los mismos, mediante estudio deductivo o inductivo.

## **3. GEODESIA**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Al igual que para los temas anteriores en el CD se encuentra una carpeta con el nombre GEODESIA que contiene un archivo llamado GEODESIA.EXE necesario para iniciar esta temática.

Este módulo a diferencia de los anteriores no cuenta con animaciones, a cambio se anexan seis (6) videos en los que se explica cada uno de los módulos del programa Magna-Sirgas Pro creado por el IGAC, cuyo propósito es brindar cobertura nacional para el manejo de coordenadas, pilar fundamental en el aprendizaje de la Geodesia.

#### **OBJETIVOS:**

- Afianzar conocimientos básicos sobre posicionamiento y sistemas de coordenadas universales.
- Adquirir destreza en la transformación de coordenadas de acuerdo a los distintos sistemas.
- De ser necesario, profundizar en el proceso de transformación de coordenadas al nivel que el docente requiere (Pregrado, Postgrado, otros)

### **3.2 QUE ES GEODESIA**

Es la ciencia que se ocupa de la determinación de la forma y dimensiones de la tierra, del estudio y determinación de su campo gravitacional externo y en grado menor del estudio de su estructura interna<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> José Ramirez P, 1980

### **3.3 OBJETIVO DE LA GEODESIA**

- Establecimiento y mantenimiento de redes de control geodésico tridimensional, nacional y global, reconociendo el tiempo como aspecto variante en dichas redes.
- Medición y representación de fenómenos geodinámicos tales como movimiento polar, mareas terrestres y movimientos de corteza.
- Determinación del campo de gravedad terrestre, incluyendo las variaciones temporales.
- Determinación de parámetros, similar a los geodésicos, para otros cuerpos del sistema solar.

### **3.4 RAMAS DE LA GEODESIA**

- Geodesia esferoidal: estudia la forma y dimensiones de la tierra y el empleo del elipsoide como superficie de referencia.
- Geodesia física: estudia el campo gravitatorio de la tierra, partiendo de mediciones del mismo
- Astronomía geodésica: estudia los métodos astronómicos que permiten determinar las coordenadas geográficas sobre la superficie terrestre de una serie de puntos fundamentales conocidos como Datum, sobre los cuales se basa el cálculo de las redes geodésicas.
- Geodesia espacial o cósmica : utiliza satélites artificiales para sus determinaciones

### 3.5 DIFERENCIAS ENTRE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA

TOPOGRAFÍA	GEODESIA
✓ Estudios a menor escala	✓ Estudios a mayor escala
✓ Pequeñas extensiones	✓ Grandes extensiones
✓ No tiene en cuenta la verdadera forma de la tierra.	✓ Tiene en cuenta la verdadera forma de la tierra.

### 3.6 QUE ES EL GEOIDE

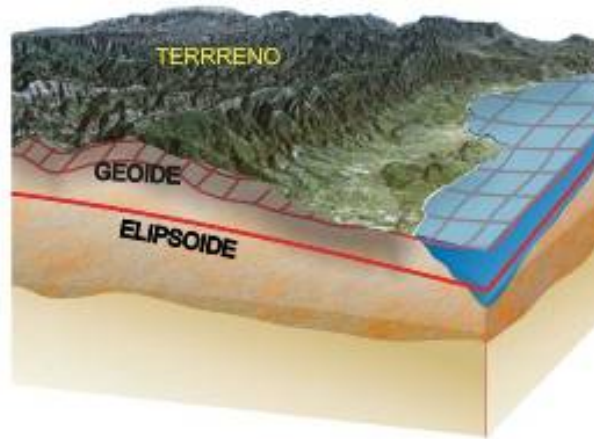


Figura 66. Geoide

Tomado de <http://mapserver.inegi.gob.mx>

Es la superficie equipotencial (igual atracción gravitacional) que va por la superficie del mar

### 3.6.1 Ventajas

- Puede interpretarse en función de leyes físicas
- Puede observarse en las costas (nivel del mar).

### 3.6.2 Desventajas

- Es ligeramente irregular como resultado de los diferentes materiales de que está formada la Tierra

## 3.7 QUE ES EL ELIPSOIDE

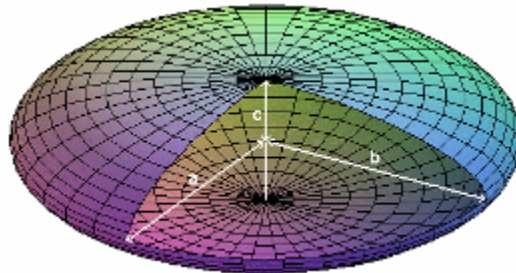


Figura 67. Elipsoide

Tomado de <http://enciclopedia.us.es>

Es la superficie hipotética que se genera al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor.

### 3.7.1 Ventajas

- Su forma es independiente del material que forma la tierra, por lo tanto es una superficie sin irregularidades que puede definirse utilizando ecuaciones matemáticas.

### **3.8 LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS<sup>15</sup>**

Corresponden a la toma de información de distancias y ángulos en el campo, con el propósito de determinar la forma, dimensiones y posición de grandes extensiones terrestres.

Pueden ser:

- Levantamientos Horizontales
- Levantamientos Verticales

#### **3.8.1 Levantamientos Horizontales**

Existen:

- ✓ Triangulación
- ✓ Trilateración
- ✓ Poligonación
- ✓ Levantamiento Astronómico
- ✓ Técnicas celestes y satelitales

##### **3.8.1.1 Triangulación**

Es el tipo de levantamiento geodésico más tradicional y conocido. Difiere de los levantamientos topográficos en que usa instrumentos más precisos. Los errores instrumentales son removidos de modo que puedan compensarse al momento de los cálculos.

---

<sup>15</sup> Tomado de un documento del Ing. Benoit Froment

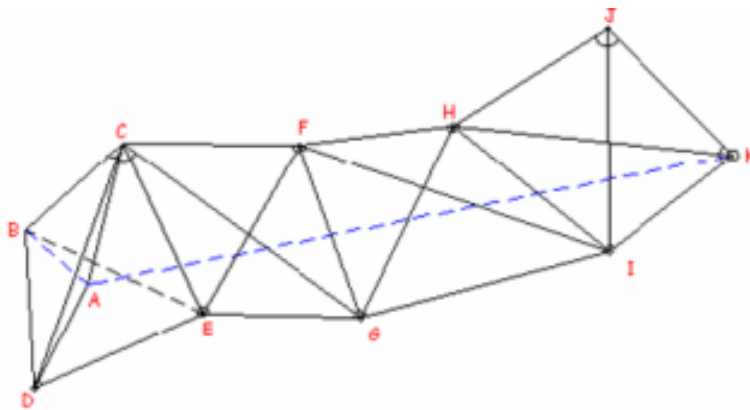


Figura 68. Triangulación

### 3.8.1.2 Trilateración

Este levantamiento cuenta con una gran precisión, permite la conexión de levantamientos en islas o en continentes separados por grandes océanos

En trilateración sólo se miden distancias, y se hacen observaciones redundantes para asegurar una buena precisión. Se ajusta la red para eliminar las discrepancias, luego se calculan los ángulos de tal modo que las posiciones geodésicas se puedan obtener en forma similar al método de triangulación.

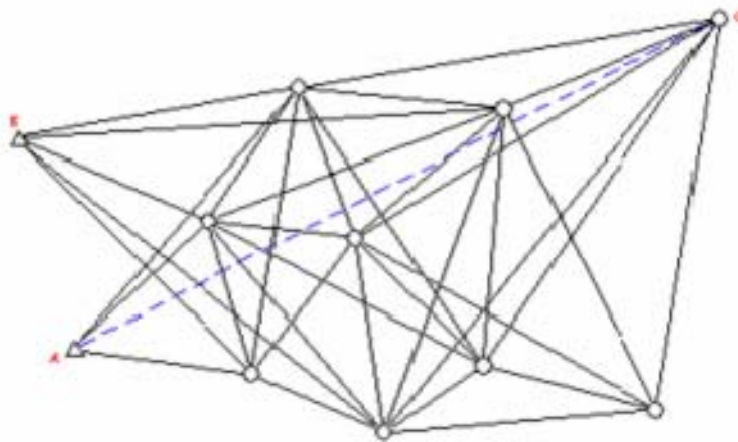


Figura 69. Trilateración

### 3.8.1.3 Poligonación

En una poligonación, se inicia el levantamiento en un punto con posición y azimut con respecto a otro punto conocido, y se miden ángulos y distancias a través de la serie de puntos intermedios del levantamiento. Las mediciones angulares sirven para calcular la dirección de cada línea.

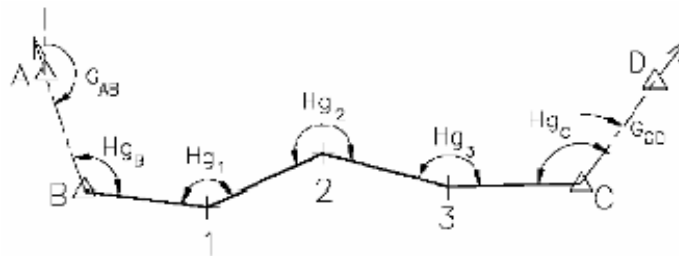


Figura 70. Poligonación

### 3.8.1.4 Técnicas celestes y satelitales

Los métodos celestes de triangulación permiten extender grandes arcos a través de los océanos o terrenos inaccesibles. Estos métodos tienen la característica que los datos observados no son afectados por la dirección de la vertical en el punto de observación.

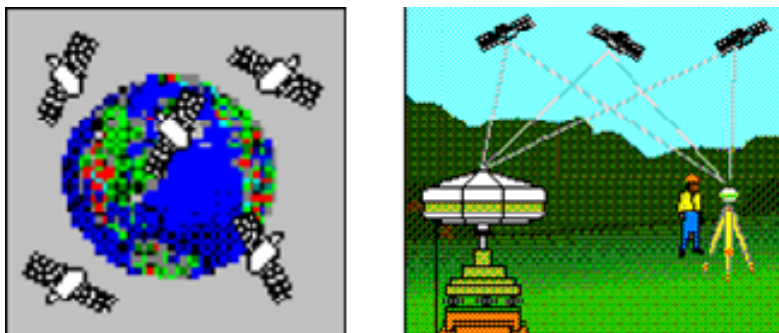


Figura 71. Técnicas celestes y satelitales

### 3.8.2 Levantamientos Verticales

Existen:

- ✓ Nivelación Geométrica
- ✓ Nivelación Trigonométrica
- ✓ Nivelación Barométrica
- ✓ Nivelación Satelital

#### 3.8.2.1 Nivelación Geométrica

Con el instrumento puesto en estación se hacen lecturas en dos miras calibradas, en posición vertical, colocadas atrás y adelante del instrumento.

La diferencia de lecturas es la diferencia en elevación entre los puntos donde están las miras.

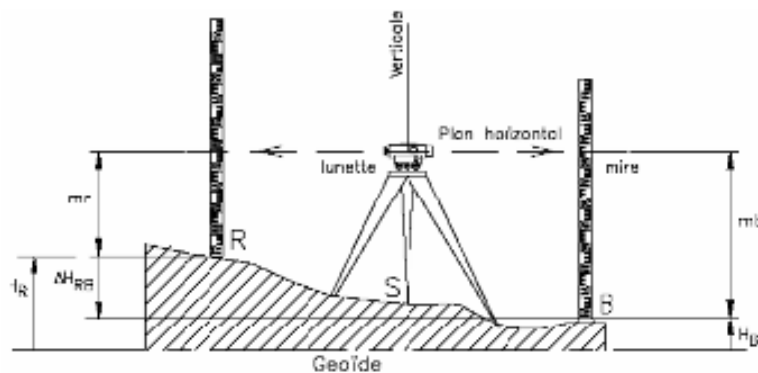


Figura 72. Nivelación Geométrica

### 3.8.2.2 Nivelación Trigonométrica

Consiste en medir un ángulo vertical desde una distancia conocida utilizando un teodolito, calculando la elevación del punto. Con este método se pueden hacer mediciones verticales al mismo tiempo que se hacen las mediciones de los ángulos horizontales de una triangulación. Es un método más económico pero menos preciso que la nivelación geométrica.

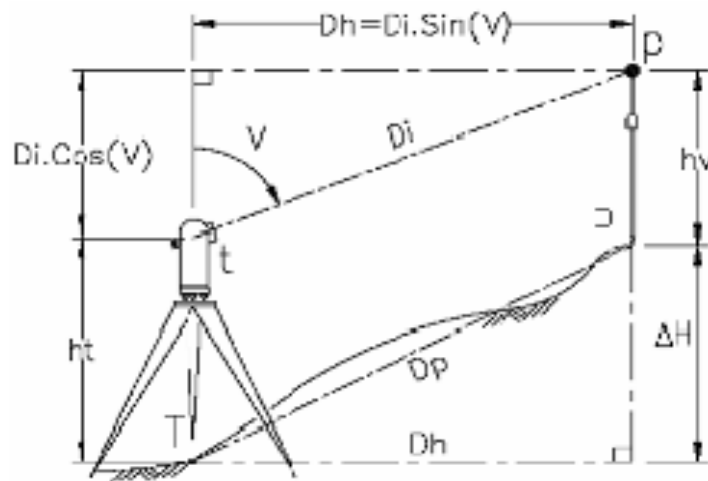


Figura 73. Nivelación Trigonométrica

### 3.8.2.3 Nivelación Barométrica

Se determinan diferencias de altura midiendo las diferencias de presión atmosférica en varios puntos. La presión del aire se mide con barómetros de mercurio o aneroides, o con un termómetro con punto de vapor. Aunque el grado de precisión posible con este método no es tan grande como en los otros dos, es el método con el que se pueden obtener rápidamente alturas relativas de puntos muy distantes entre sí.

### 3.8.2.4 Nivelación Satelital

Con el surgimiento de la geodesia satelital con GPS, se efectúan lecturas que le permiten establecer las alturas de los puntos referidas a un sistema específico de referencia (geoide). También se puede, a partir de lecturas sobre puntos de elevación conocida, hacer las respectivas conexiones.

### 3.9 ALTURA GEOIDAL

Es la elevación en cualquier punto del geoide sobre el elipsoide de referencia indicado.

Puede calcularse efectuando una interpolación lineal entre los 4 puntos de la malla más cercana.

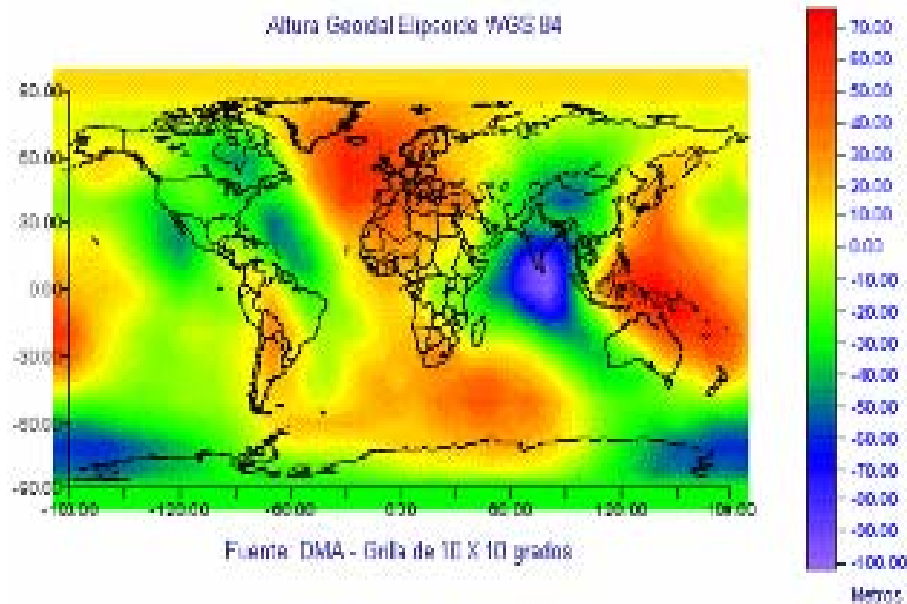


Figura.74. Representación del Geoide.

Tomada de <http://podespacial.com>

(Ver animación en CD)

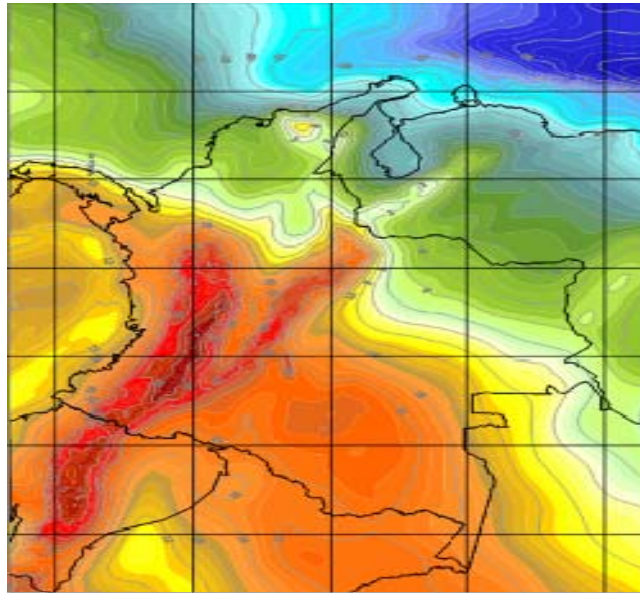


Figura.75. Altura geoidal para Colombia

### 3.10 DATUM

Es aquel punto en el que la normal al geoide coincide con la normal al elipsoide; se usa como referencia para definir el resto de puntos de un mapa; en el punto Datum, las dos superficies, elipsoide y geoide son tangentes.



Figura.76. Altura geoidal para Colombia

En geodesia se emplean dos tipos de Datum:

- ✓ Datum vertical
- ✓ Datum horizontal

### **3.10.1 Datum Vertical**

Es la superficie de referencia que permite el cálculo de alturas. Por tanto, es la superficie de altura nula. Lo más usual es que esta superficie sea el geoide y las alturas a él referidas sean alturas ortométricas.

### **3.10.2 Datum Horizontal**

Permite la determinación de la longitud y latitud. Se elige un punto en el cual las superficies del elipsoide de referencia y del geoide sean tangentes. De esta forma, ambas verticales (geodésica y astronómica respectivamente) coincidirán, así como las coordenadas astronómicas y geodésicas en dicho punto.

## **3.11 RED GEODÉSICA**

Consiste básicamente en una serie de puntos distribuidos por toda la superficie de un país, formando una malla de triángulos, en los cuales tras un proceso de cálculos complejos se conocen todos sus elementos, incluyendo las coordenadas de todos sus vértices.

### 3.11.1 Tipos de Redes Geodésicas

1. **Red geodésica de primer orden:** está formada por triángulos de 30 a 80 km de lado.
2. **Red geodésica de segundo orden:** se basa en la anterior y tiene triángulos de 10 a 30 km
3. **Red geodésica de tercer orden:** se apoya en la de segundo y tiene triángulos con lados de 5 a 10 km.

Los triángulos de 1 y 2 orden son elipsoídicos, y los de 3 orden se calculan como planos.

### 3.12 TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi desarrollo un aplicativo (Magna Sirgas Pro) que nos permite de manera fácil y rápida obtener la transformación de coordenadas de un punto.

Magna Sirga Pro maneja las siguientes coordenadas:

- Elipsoidales, también conocidas como geográficas, geodésicas o curvilíneas: (latitud -Phi-, longitud -Lambda- y altura elipsoidal -h-)
- Planas Gauss-Krüger, también conocidas como Transversa Mercator – TM- (Norte N, Este E)
- Planas Cartesianas, las cuales han sido desarrolladas para propósitos cartográficos en escalas grandes, como 1:1000 o 1:2000 (Norte N, Este E)

- Geocéntricas, también conocidas como cartesianas tridimensionales (X,Y,Z).

En el Cd adjunto se muestran unos video que nos permiten tener una idea clara del Magna sirgas Pro además de brindarnos una guía para su manejo.

### **3.12.1 PASOS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS**

- Identificar el sistema de proyección cartográfica al cual correspondan las coordenadas planas.
- Convertir las coordenadas planas de Gauss-krüger a elipsoidales.
- Convertir coordenadas elipsoidales a rectangulares tridimensionales
- Identificar la zona a la que pertenecen los datos, para utilizar los parámetros regionales pertinentes.
- Aplicar el modelo de Helmert o Molodensky –Badekas con los parámetros de transformación correspondiente.

### **3.13 MAGNA SIRGAS**

Este aplicativo ha sido desarrollado en la División de Geodesia de la Subdirección de Geografía y Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y tiene como propósito ofrecer una herramienta de cobertura nacional para el manejo de coordenadas.

(Ver a videos en CD)

## **4. AUTOCAD MAP**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Autocad Map es una herramienta fundamental con múltiples aplicaciones, de las cuales nos interesa profundizar en la corrección de la digitalización de mapas con el fin de asegurar el correcto manejo en un SIG.

Lo interesante de la aplicación para este tema es la presentación de tutoriales que permiten corregir errores, crear topologías y exportar datos a un SIG.

Esto se encuentra en la carpeta AUTOCAD MAP en el archivo AUTOCAD MAP.EXE contenidos en el CD.

#### **OBJETIVOS:**

- Actualizar conocimientos básicos de Autocad Map como herramienta de entrada a los SIG.
- Crear topologías para el análisis de información gráfica en el SIG.

### **4.2 QUE ES AUTOCAD MAP?**

Es un producto de cartografía basado en AUTOCAD que contiene todas sus funciones, además de eficaces herramientas cartográficas propias diseñadas para los profesionales de la cartografía y los sistemas de información geográfica (SIG).

### 4.3 DIGITALIZACIÓN



Figura.77. Digitalización

Es un proceso de conversión de información gráfica en papel a formato digital.

#### 4.3.1 Tipos de Digitalización

- **SPAGHETTI:** Digitaliza arcos sin colocar nodos en las intersecciones.
- **DISCRETO:** Incluye los nodos como puntos de intersección.

### 4.4 LIMPIEZA DE MAPAS

Digitalizar e importar información geográfica frecuentemente resulta en errores, tales como líneas cortas, líneas que sobrepasan el punto donde deberían terminar,

exceso de detalle en la información, incluyendo nodos intermedios y objetos duplicados.

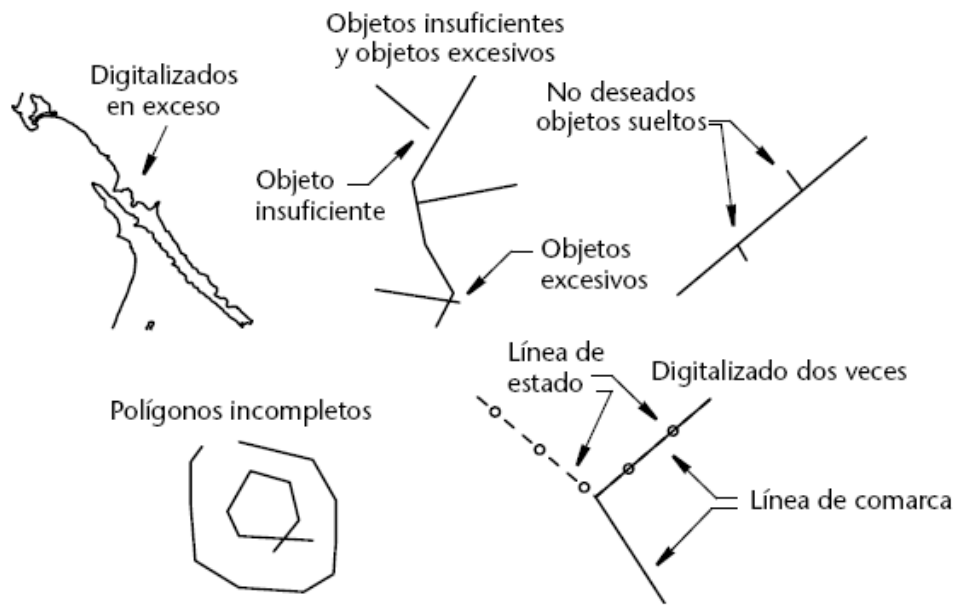


Figura 78. Problemas comunes en el dibujo

Para mejorar aquellas imprecisiones y empezar a utilizar las topologías debemos usar las herramientas de limpieza dispuestas en antes de definir una topología.

Utilizando las herramientas de limpiar dibujo, se pueden remover estos errores de dibujo, ya sea manualmente o automáticamente; También se pueden usar las herramientas de limpiar dibujo para convertir objetos a polilíneas.

#### 4.4.1 Errores comunes

Los errores más comunes a la hora de digitalizar datos e importarlos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✓ Líneas Cortas: líneas que no tocan otras líneas y que no cierran un polígono.

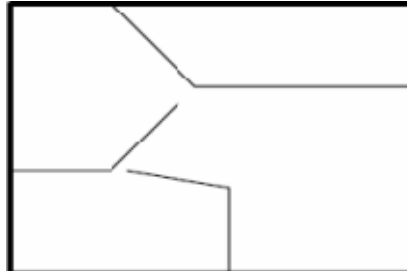


Figura 79. Líneas Cortas

- ✓ Líneas duplicadas: líneas que comparten el mismo punto de inicio y final.
- ✓ Objetos cortos: objetos que son cortos en una longitud especificada de tolerancia.
- ✓ Mapas digitalizados en exceso: mapas que se digitalizan con un alto grado de detalle y escala pequeña, es decir, hay un exceso de puntos en una línea compleja que producen que el archivo sea más pesado.
- ✓ Nodos agrupados o pseudonodos: nodos compartidos solo por dos objetos.

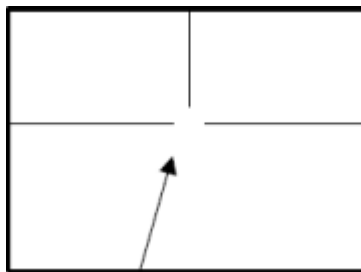


Figura 80. Nodos Agrupados

#### 4.4.2 SIMPLIFICACIÓN DE OBJETOS LINEALES

Al digitalizar una topología se producen una serie de irregularidades como que el archivo es muy grande lo que hace que el trabajo y el trazado sea más lento,

líneas de contorno, ríos y líneas de costa innecesarias, gran cantidad de puntos de una línea compleja.

La simplificación es utilizada como un proceso de limpieza para reducir el tamaño de archivo, reducir el número de puntos de una línea y eliminar líneas innecesarias; además convierte una polilínea simples decir los conjuntos de líneas, arcos y segmentos de polilínea conectados que se encuentren dentro de la misma tolerancia.

Al simplificar objetos se reduce de tamaño el archivo y mejora el rendimiento pero a su vez se reduce la resolución de los datos y elimina el grosor de las polilíneas, por eso se aconseja guardar el mapa antes de ejecutar la simplificación.

#### **4.4.3 SUPRESIÓN DE DUPLICADOS**

Los objetos duplicados son aquellos que comparten el mismo punto de inicio y punto final.

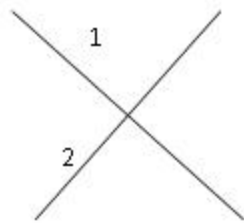
Se considera duplicado a los objetos que tiene la misma geometría pero están en capas diferentes, también a las polilíneas cerradas que comparten un contorno o borde común, o los mismos nodos iniciales y finales, y a todos los objetos cuya distancia entre si se encuentra dentro de la distancia de tolerancia.

Al utilizar una topología, trazado o cartografía temática es necesario limpiar los datos que se van a utilizar, para ello usamos la opción de SUPRESIÓN DE DUPLICADOS, esta opción suprime objetos que tienen la misma geometría pero distinta dirección, tipo o propiedades.

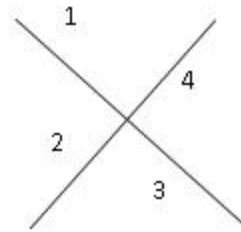
#### 4.4.4 PARTIR OBJETOS CORTADOS

Los objetos cortados son objetos que se cruzan unos con otros sin un nodo de intersección. Cuando se desea establecer una topología de red es de suma importancia realizar la función de partir objetos cortados pues corrige todos los problemas que pueden presentarse en todas las capas, limpia objetos cerrados, separa objetos que se interceptan para formar objetos por separado.

PARTIR OBJETOS CORTADOS procesa un sistema de líneas, arcos círculos y polilíneas y las partes en las intersecciones para crear objetos independientes sin error alguno.



Antes de partir los objetos cortados



Después de partir los objetos cortados

Figura 81. Partir objetos cortados

#### 4.4.5 ALARGAR OBJETOS INSUFICIENTES

Los Objetos Insuficientes son objetos que se encuentran dentro de una tolerancia con respecto a otro, aparecen con frecuencia al digitalizar de manera incorrecta o al convertir datos explorados y se encuentran en los mismos dibujos que los objetos sueltos, si se encuentran estos objetos deben ser eliminados antes de crear las topologías.

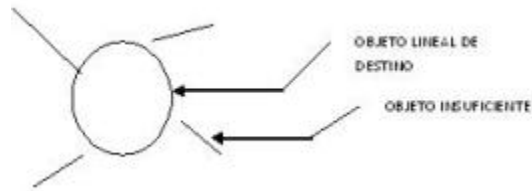


Figura 82. Objeto insuficiente

#### 4.4.6 BORRAR OBJETOS SUELTOS

Una digitalización incorrecta en muchas ocasiones puede provocar un objeto suelto, alargándolo más allá de la intersección planeada con el objeto destino, lo que obliga a iniciar una limpieza antes de comenzar la creación de una topología.

Los objetos sueltos son objetos con al menos un punto final que no es compartido con otro objeto, aparecen cuando un objeto lineal sobrepasa la intersección con un objeto lineal de destino.

BORRAR OBJETOS permite al usuario buscar todos los bordes y nodos sueltos de las líneas arcos y polilíneas y suprimirlos.

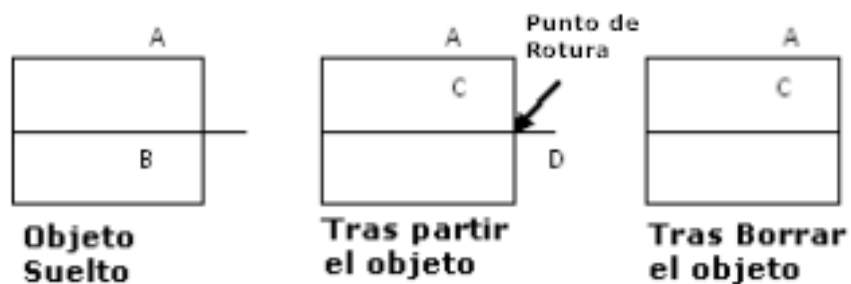


Figura 83. Objeto suelto

#### 4.4.7 CORRECCIÓN DE NODOS

Antes de crear una topología, se debe revisar que la información del dibujo no contiene errores en la geometría, tales como líneas que no se tocan o se sobreponen sin intersección.

La forma más simple de un nodo es un objeto punto, pero los nodos también pueden ser representados como objetos con punto de inserción, tales como textos y bloques.

Es esencial el uso de las herramientas de limpieza para depurar la información que se pretende usar en topologías. Cuando se crea una topología de nodos, se puede especificar cuáles nodos deben ser incluidos en la topología, dar un nombre a la topología, y agregar una descripción. No se pueden crear nuevos nodos cuando se crea una topología de nodos.

En este caso es de gran importancia para las topologías de nodos que son sistemas de objetos punto relacionados que se pueden usar para analizar relaciones entre puntos individuales en un mapa corregir los nodos existentes ya que al digitalizar se presentan diferentes clases de problemas que harán que la topología falle. Estos problemas se clasifican de la siguiente manera:

- ✓ Grupos: nodos junto al mismo punto.
- ✓ Pseudonodos: nodos que unen solamente dos objetos lineales.
- ✓ Objetos Suelto: nodos que se encuentran al final de objetos lineales que no están asociados a ningún otro objeto.

Para corregir esta serie de errores existen dos opciones: el Forzado de Grupos de Nodos y Disolver Pseudonodos.

#### 4.4.8 FORZADO DE GRUPOS DE NODOS

Esta opción permite unir nodos que quedan sueltos con el nodo más centrado del dibujo o al nodo más compartido, así se conserva un único nodo en la nueva intersección.

Se debe cambiar la tolerancia a un valor mayor que el radio del círculo que encierra los nodos.

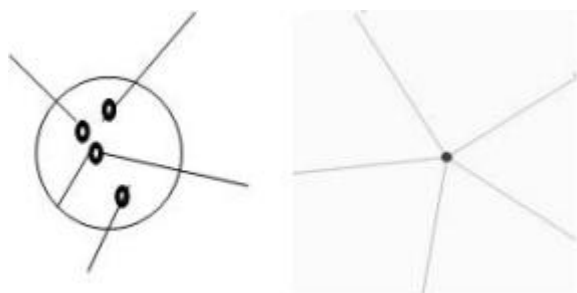


Figura 84. Forzado de grupos de Nodos

#### 4.4.9 DISOLVER PSEUDONODOS

Esta opción elimina los nodos que se encuentran en las intersecciones de dos objetos lineales, pero deja el vértice en su lugar. Se puede usar con la simplificación de objetos lineales, así convertirá en una sola polilínea un conjunto de segmentos de línea, arco y polilínea conectados que se encuentren dentro de la misma tolerancia.

El uso de esta opción puede causar la pérdida de ciertos tipos de datos por lo que se recomienda guardar el archivo en otra ubicación antes de ejecutar esta acción.

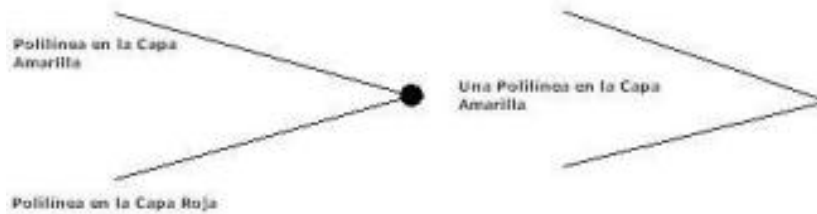


Figura 85. Disolución de pseudonodos  
(Ver a video en CD)

## 4.5 TOPOLOGÍAS

Las topologías describen cómo los nodos, vínculos (líneas) y polígonos se conectan y relacionan entre sí.

Autodesk Map ofrece una topología basada en mapas que permite crear, modificar y consultar la topología de un mapa. Dispone de herramientas para detectar errores en la topología, corregirlos y volver a crear la topología.

Para nuestro trabajo enfatizaremos en la topología de polígono como una de las más representativas para la exportación de dicha información a archivos SIG, debido a su exigencia en la eficiencia y precisión de la información geométrica.

Las topologías dependiendo de su aplicación se dividen en tres clases:

- Topología de Nodos
- Topología de Redes
- Topología de Polígonos

#### **4.5.1 Topología de Nodos**

Como su nombre lo indica define la relación mutua de los nodos.

Las topologías de nodos se utilizan con frecuencia junto con otros tipos de topologías, los pozos petrolíferos o válvulas de agua desconectados son un ejemplo de topología de nodos. Los nodos solo tienen localización (X, Y) y no representan área.

#### **4.5.2 Topología de Redes**

Es la encargada de la interconexión de vínculos lineales que forman una red, además los vínculos pueden conectar nodos entre sí. Los ejemplos se pueden encontrar en redes de calles, tubos de acueductos que trazan el bombeo del agua, las redes eléctricas, entre otras. A estas topologías se les puede asignar un valor de dirección (vector).

#### **4.5.3 Topología de Polígonos**

Son la representación de áreas delimitadas, como parcelas y predios, las áreas adyacentes están definidas en un contorno común definido por un único vínculo existente, por el manejo de áreas este tipo de topología está directamente relacionado en la práctica con límites urbanos y rurales, planificación parcelaria y cálculo de impuestos

#### **4.5.4 Pasos para la creación de una topología**

- a) El primer paso para utilizar información gráfica en la topología y definirla es limpiar la información. Si no lo hace, se obtendrán resultados sin sentido y en algunos casos no será posible crearla.

- b) Al crear una topología de polígonos, Autodesk Map comprueba automáticamente los errores que se deben corregir antes de la creación. Entre ellos se incluyen las líneas que se cortan pero no tienen nodo en la intersección y los polígonos sin centroide. Si lo desea, Autodesk Map también puede comprobar los polígonos con centroide duplicado y áreas incompletas, aunque estas comprobaciones son opcionales.
- c) Especificar cómo desea que Autodesk Map muestre los errores detectados; puede resaltarlos, marcarlos con bloques o ambas opciones. Si Autodesk Map detecta algún error, lo mostrará en el mapa pero no lo corregirá. Debe corregir los errores y, a continuación, crear la topología de polígonos.

Después de crear una topología, puede utilizar las herramientas de edición y administración

(Ver a video en CD)

#### **4.6 EXPORTACIÓN DE DATOS A UN SIG**

Autocad Map permite exportar los datos hacia los siguientes formatos:

- ArcView® Shapefile (SHP)
- Coberturas de ESRI® Arc/INFO
- MapInfo® MIF/MID™
- Integraph (Microstation® DGN™)
- Autodesk MapGuide™ (SDF)

#### **4.6.1 Pasos para exportar datos**

- a) Crear una carpeta en la cual se van a guardar todos los archivos a exportar, en tipo de archivo a seleccionar.
- b) En la pestaña selección, active Tipo de Objeto Polígono, y seleccione manualmente los objetos a exportar.
- c) En la pestaña Datos, active selección de atributos y en Expresión despliegue propiedades y active la opción String (esto con el objeto de que la información predial se exporte como dato de tabla de cada objeto)
- d) Modifique el nombre de salida de datos
- e) Cargue los datos en cualquier Sig.

(Ver a videos en CD)

## **5. SENSORES REMOTOS**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

Este tema contiene una sencilla aplicación, en la cual se muestran los conceptos fundamentales para la comprensión del mismo. La carpeta se denomina **SENSORES REMOTOS** y el archivo a utilizar **SENSORES REMOTOS.EXE**.

#### **OBJETIVOS:**

- Conocer sobre los diversos tipos de sensores remotos al alcance del usuario
- Identificar las diversas aplicaciones de acuerdo al tipo al sensor
- Georeferenciar las imágenes para la utilización de su información geométrica.

- Establecer las diferencias y aplicaciones de los sensores de alta y baja resolución.

## 5.2 QUE ES LA TELEDETECCIÓN

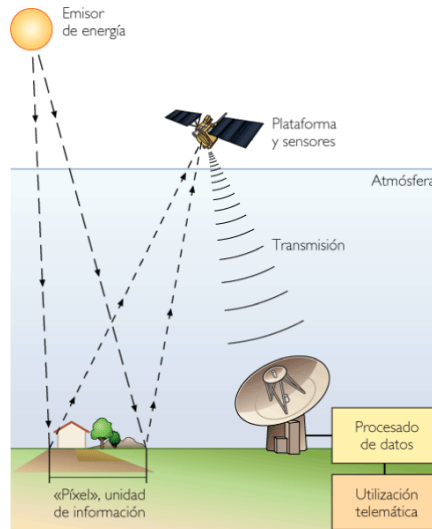


Figura 86. Sistema de Teledetección

Tomado de [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com)

La Percepción remota o Teledetección, es un grupo de técnicas para recolectar información sobre un objeto o área sin tener que estar en contacto físico con este.

## 5.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Para que la obtención de la información sea posible es necesario que, aunque sin estar en contacto con el elemento, exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor. En este caso la interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor.

Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

- Radiación solar reflejada por los objetos( luz visible e infrarrojo reflejado)

- Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)
- Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa.

#### **5.4 ELEMENTOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA**

- Fuente de iluminación
- Sensor remoto
- Objeto
- Energía
- Transmisión, recepción y procesamiento de datos

#### **5.5 SENSORES**

Son dispositivos diseñados para la captura de información de diferentes tipos o de diferentes longitudes de onda.

La mayoría de las características de la información vienen definidas por el tipo de plataforma en la que se encuentre el sensor.

Estas pueden ser:

- Satelital
- Aerotransportadas
- Mediante diferentes dispositivos (globos, cohetes, etc)

## 5.6 TIPOS DE SENSORES

Los sensores se pueden clasificar mediante el procedimiento para recibir la energía, de esta forma hablaremos de.

- Sensores Activos:
- Sensores Pasivos:

### 5.6.1 Sensores Activos

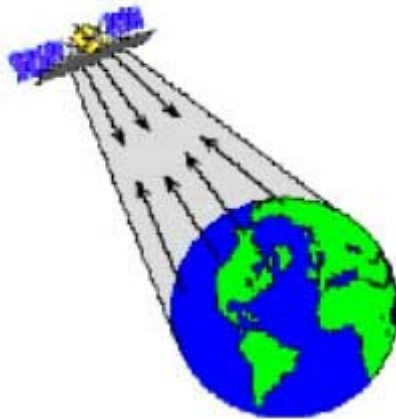


Figura 87. Sensor activo

Tomado de [www.lanero.net](http://www.lanero.net)

Tiene la capacidad de generar su haz de energía para obtener su información. No depende de la iluminación del sol, por lo tanto puede capturar imágenes de día y de noche.

Dependiendo de la longitud de onda en el que capture la información va a tener ciertas propiedades como ser insensible a las condiciones atmosféricas o a las condiciones climáticas.

Las plataformas para estos sensores pueden ser aviones o satélites. Cuanto mayor sea la energía reflejada por un objeto hacia el detector más clara será la imagen.

Su aplicación principal es en las zonas donde hay una gran cubierta vegetal, o zonas de nieblas o brumas

Un ejemplo de este tipo de sensores son los de tipo radar y los lidar.

### 5.6.2 Sensores Pasivos

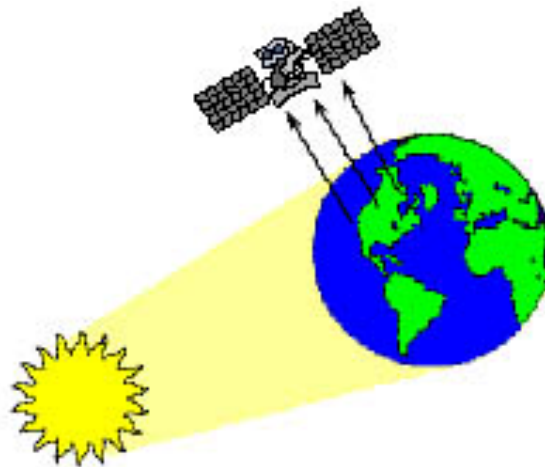


Figura 88. Sensor activo

Tomado de [www.lanero.net](http://www.lanero.net)

Aquel que requiere de una fuente de energía externa. Depende de la iluminación del sol.

En función del procedimiento que emplean para recibir la radiación procedente de los objetos, los sensores pasivos se dividen en:

- **Sensores fotográficos** : Cámara CCD, cámaras de Vidicon
- **Exploradores de Barrido** : Llevan un espejo oscilante que recogen pixel a pixel.
- **Exploradores de Empuje** : Recogen línea a línea (HRV, LISS, OPS)
- **Sensores de Antena o Radiómetros de Microondas** : Tienen poca resolución espacial. Permiten cartografía zonas heladas

### 5.7 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Es la división por bandas de energías que tienen comportamiento similar en cuanto a longitud de onda y frecuencia.

- Longitud de onda: es la distancia entre cresta y cresta de la onda
- Frecuencia: el número de ondas por unidad de tiempo.

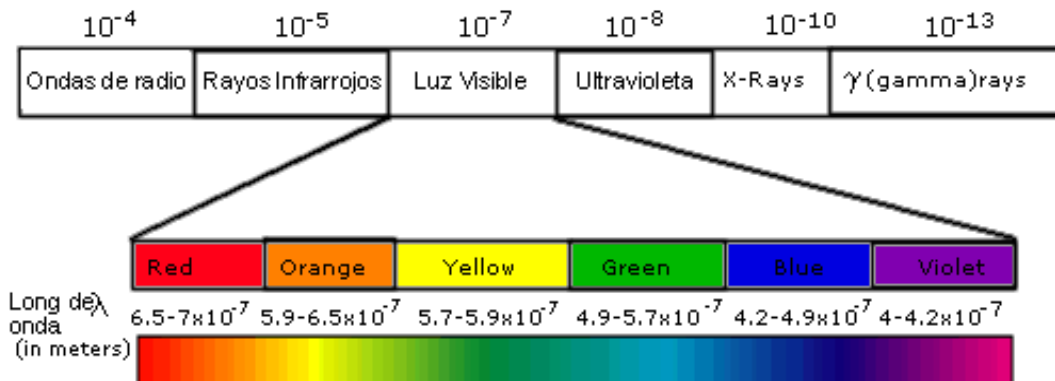


Figura 89. Espectro electromagnético

Tomado de [www.terra.es](http://www.terra.es)

- Rayos cósmicos
- Rayos gama
- Rayos x
- Ultravioleta: es la primer banda que nos permite capturar información de la superficie terrestre.
- Espectro visible: es donde los seres humanos somos capaces de detectar información, es a la cual nuestros ojos son sensibles. Es una banda bastante reducida.
- Infrarrojos: son especialmente útiles para capturar información a la cual nuestros ojos no son sensibles pero que utilizando diferentes tipos de filtros ellos pueden capturar información.
  - Infrarrojo intermedio: Muy importante en los estudios de vegetación.
  - Infrarrojo termal: no captura energía reflejada sino energía emitida.
- Microondas: son las que utilizan algunos sistemas como los dispositivos radar.
- Ondas de radio: son las de mayor longitud de onda y se utilizan en el área de comunicaciones

## **5.8 RESOLUCIÓN**

La resolución es la habilidad que tiene un sensor para registrar información en detalle de las distintas cubiertas, depende de la capacidad de los mismos para distinguir variaciones de la energía electromagnética, del detalle espacial que captura y del número y ancho de las bandas que alberga.

Hay cuatro medidas que deben ser consideradas:

- Resolución espectral
- Resolución temporal
- Resolución radiométrica
- Resolución espacial

### 5.8.1 Resolución espectral

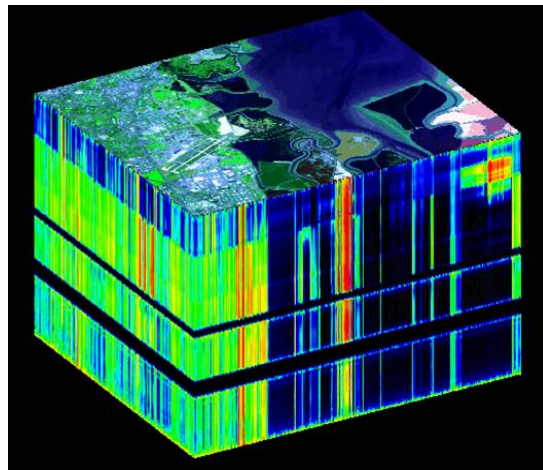


Figura 90. Resolución espectral

Tomado de [www.especial.org](http://www.especial.org)

Indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Un sensor será tanto más idóneo cuanto mayor número de bandas proporcione, ya que facilita la caracterización espectral de las distintas cubiertas. A la vez, conviene que esas bandas sean suficientemente estrechas con el objeto de recoger la señal sobre regiones coherentes del espectro. Bandas muy amplias suponen registrar un valor promedio que puede encubrir la diferenciación espectral entre cubiertas de interés. Por tanto a menor ancho espectral mayor resolución.

### 5.8.2 Resolución temporal

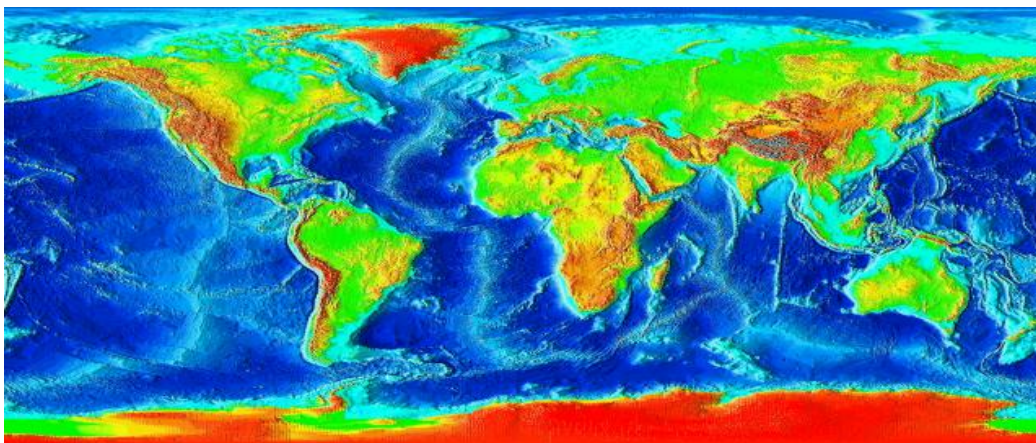


Figura 91. Resolución temporal

Tomado de [www.espacial.org](http://www.espacial.org)

Este tipo de resolución se refiere al intervalo de tiempo entre muestras sucesivas de la misma zona de la cobertura terrestre. El ciclo de cobertura depende de las características de la órbita del satélite, así como del diseño del sensor. La cadencia temporal de los sistemas espaciales varía de acuerdo a los objetivos fijados para el sensor. Los satélites meteorológicos están obligados a facilitar una información muy frecuente, ya que se dedican a observar un fenómeno de gran dinamismo (30 minutos en el Meteosat). Por el contrario, los satélites de recursos naturales ofrecen una cadencia mucho menor (12 días en el Landsat).

### 5.8.3 Resolución radiométrica

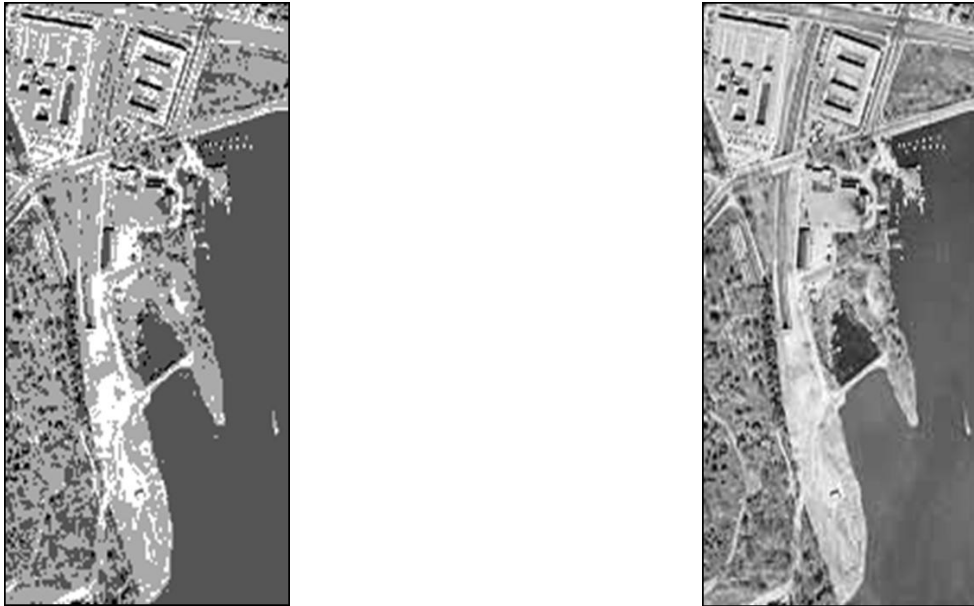


Figura 92. Resolución radiométrica

Tomado de [www.especial.org](http://www.especial.org)

Capacidad que tiene un sensor de discriminar las diferentes intensidades de energía que es emitida por la superficie terrestre. No depende de las características de la cobertura sino del diseño del sensor. Se mide en Bits.

Un ejemplo sería la resolución en bits de la pantalla de los computadores, si personalizamos la pantalla de nuestro computador con resolución de 16 bits vamos a notar que los colores de muchos de los iconos son muy básicos, por ende a medida que aumentamos la resolución en bits (32) vamos a notar una mayor calidad en la definición de los colores pues tendríamos un mayor rango de colores que utilizar.

#### 5.8.4 Resolución espacial



Figura 93. Resolución espacial

Tomado de [www.agriculturadeprecision.org](http://www.agriculturadeprecision.org)

Esta resolución determina cual es la mínima unidad que el sensor puede discriminar.

Esta resolución es inversamente proporcional al área cubierta, es decir los de alta resolución tiene un área cubierta mucho menor que los de baja resolución

- ✓ No hay que caer en el error de pensar que en la medida que se aumenta la resolución se está hablando de que una imagen es mejor que otra, simplemente esto depende del aplicativo;

Por ejemplo no utilizaríamos una imagen de un (1) metro para hacer el seguimiento de toda la selva de la Amazonía, cuando podemos tener imágenes de una mayor cobertura que nos permite tener un seguimiento mucho más general.

## **5.9 GEOREFERENCIACIÓN**

Es el proceso de corrección geométrica que se le hace a las imágenes para poder ser usada en las diferentes aplicaciones.

Si el producto satelital adquirido no esta georeferenciado, ni corregido geográficamente es necesario adicionar algunos puntos geográficos de control.

Este procedimiento se llama georeferenciamiento y básicamente consiste en introducir las coordenadas de puntos fácilmente reconocibles en la imagen como son cruces de carreteras, desembocaduras de ríos, construcciones o rasgos fisiográficos que no sean demasiado dinámicos.

### **5.9.1 Correcciones Geométricas**

Las correcciones geométricas se hacen con el fin de orientar la posición de los píxeles a un sistema de referencia, en esta corrección no se pretende modificar los niveles digitales (ND) de los píxeles de la imagen sino su posición.

Esta transformación puede emplearse para:

- Corregir cartográficamente una imagen: se pretende transformar coordenadas de la imagen en coordenadas cartográficas, con objeto de que la imagen resultante pueda superponerse sobre mapas convencionales.
- Superponer dos o más imágenes entre: se busca ajustar dos o más imágenes entre sí, con el objeto de realizar estudios multi-temporales.

En ambos casos, la corrección se realiza en tres fases.

1. Localización de puntos comunes a la imagen y el mapa (o a otra imagen de referencia).

2. Cálculo de las funciones de transformación entre las coordenadas de la imagen y las del mapa.

3. Transferencia de los ND originales a la nueva posición, definida por la transformación previa.

### 5.9.1.1 Localización de puntos de control (GCP)

Para calcular cualquier función entre dos o más variables, es necesario contar previamente con una serie de observaciones comunes a todas ellas.

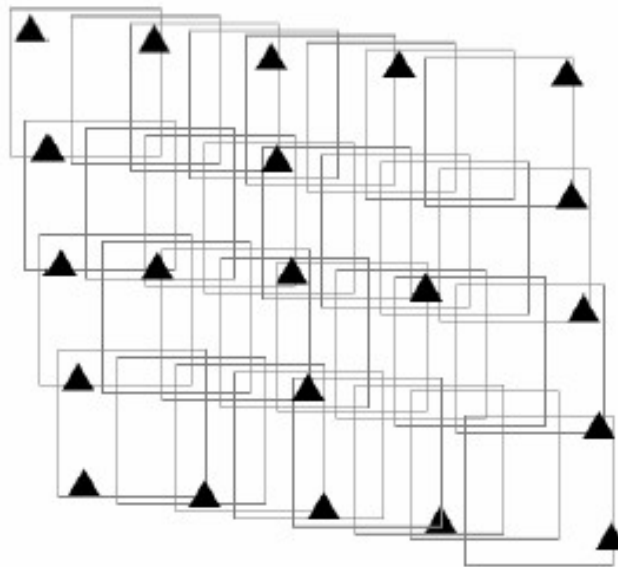


Figura 94. Localización de puntos de control

El establecimiento de puntos de control resulta la fase más crucial del proceso de corrección, y la que demanda mayor dedicación humana. Para que el ajuste entre

imagen y mapa sea correcto, se requiere atender a tres aspectos en la selección de puntos de control:

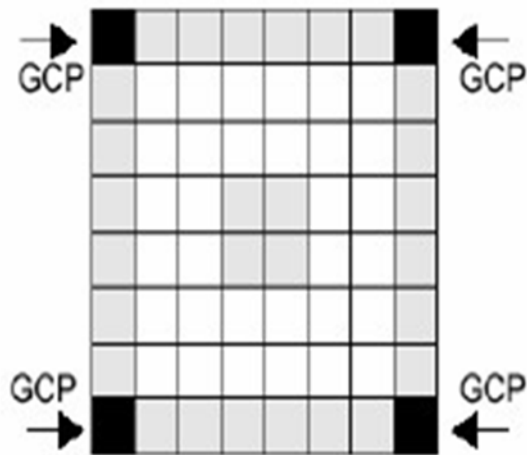
- **Número:** El número idóneo de puntos de control depende del tamaño y la complejidad geométrica de la imagen. Cuanto mayor sea el grado de la ecuación de ajuste, se precisa también un mayor número de puntos de control.
- **Localización:** se recomienda que sean puntos claramente identificables en la imagen y en el mapa, preferiblemente rasgos humanos del paisaje no sujetos a dinamismo temporal.
- **Distribución:** conviene que los puntos de control se sitúen uniformemente sobre todo el territorio abarcado en la imagen.

#### **5.9.1.2 Cálculo de las funciones de transformación**

La corrección digital de la geometría de una imagen se realiza estableciendo una función matemática, que pone en relación las coordenadas de la imagen y el mapa. De esta forma, a partir de la coordenada columna y línea de cada píxel, puede estimarse las coordenadas "x", "y" de la imagen de salida.

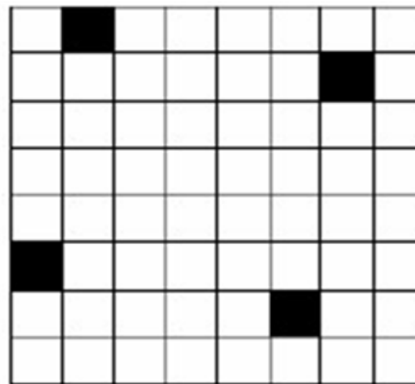
#### **5.9.1.3 Transferencia de los ND originales a la nueva posición**

Las funciones antes analizadas permiten traducir coordenadas del mapa a la imagen. Ahora bien, si pretende crearse una imagen que se corresponda adecuadamente con esas coordenadas, resulta necesario trasladar, de alguna forma, los ND de la imagen original a esa nueva posición. Las funciones de ajuste permiten calcular la posición correcta de cada píxel.



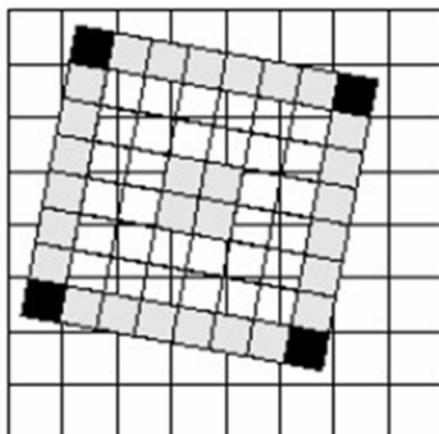
**Imagen de entrada con los puntos de control (GCP)**

Figura 95. Entrada con los puntos de control



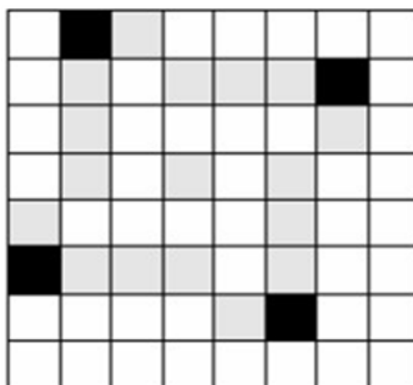
**Grilla de la imagen de salida, mostrando la posición de los GCP**

Figura 96. Grilla de la imagen de salida y la posición de los puntos de control



Para comparar las dos grillas (ráster), la imagen de entrada es superpuesta sobre la grilla de salida, de tal forma que los GCP de las dos grillas coincidan.

Figura 97. Superposición de la imagen de entrada y la de salida



Usando alguno de los métodos de remuestreo (resample), los ND de la imagen de entrada, son asignados a los pixeles de la imagen de salida.

Figura 98. Superposición de la imagen de entrada y la de salida

## 5.10 CLASIFICACIÓN DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales se clasifican en:

- Imágenes de Baja Resolución
- Imágenes de Alta Resolución

### 5.10.1 Imágenes de Baja resolución

En las imágenes satelitales de baja resolución tenemos:

#### 5.10.1.1 Landsat

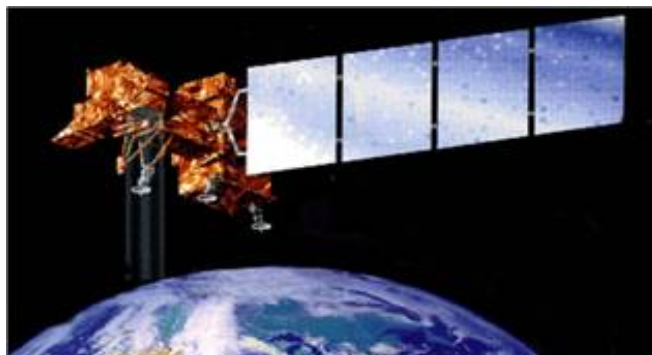


Figura 99. Satélite Landsat

Tomado de <http://landsat.gsfc.nasa.gov>

Son una serie de satélites para el estudio de los recursos terrestres realizados por la NASA y transformados en partes vitales de una vasta red de adquisición de datos, que puede ser utilizada por todos los países del mundo.

El primer satélite Landsat fue lanzado en 1972 y el más reciente, el Landsat 7 en 1999, encontrándose actualmente en funcionamiento los satélites LandSat 5 y LandSat 7.

Las imágenes del sistema LandSat, por su tradición en el levantamiento de información, por su cobertura periódica, resolución espacial y multiespectral representan una herramienta valiosa para la realización de estudios de la dinámica de los recursos naturales, programas de seguimiento global, seguimiento de bosques y planeación de desarrollo a nivel regional.

- Características Orbitales

#### Landsat 1,2,3:

- Órbita Heliosincrónica
- Órbita descendente N a S
- Inclinación a 99,2°
- Altura 917 Km
- Peso ~ del sistema: 960 Kg
- Realizaba una órbita en 103 min, 14 vueltas diarias y 18 días en recorrer toda la Tierra

#### Landsat 4,5,6 y 7:

- Altura de 705 Km
- Una órbita en 99 min, 14 vueltas diarias y 16 días en recorrer la Tierra.

- Bandas espectrales de los Landsat
  - ✓ Banda 1: ( 0,45 a 0,52 micrones - azul -) Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo coníferas y latifoliadas. También es útil para diferenciar los diferentes tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.

- ✓ Banda 2: (0,52 a 0,60 micrones - verde -) Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y, al igual que la banda 1, para detectar la presencia o no de limonita.
- ✓ Banda 3: (0,63 a 0,69 micrones - rojo -) Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita.
- ✓ Banda 4: (0,76 a 0,90 micrones - infrarrojo cercano -) Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.
- ✓ Banda 5: (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio -) Indicativa del contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.
- ✓ Banda 6: (10,40 a 12,50 micrones - infrarrojo termal -) El infrarrojo termal es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.
- ✓ Banda 7: (2,08 a 2,35 micrones - infrarrojo medio -) Especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidróxilos (OH) y la absorción de agua.

Estas siete bandas pueden combinarse de a tres o más, produciendo una gama de imágenes de color compuesto que incrementa notablemente sus aplicaciones, especialmente en el campo de los recursos naturales

### 5.10.1.2 Imágenes Spot

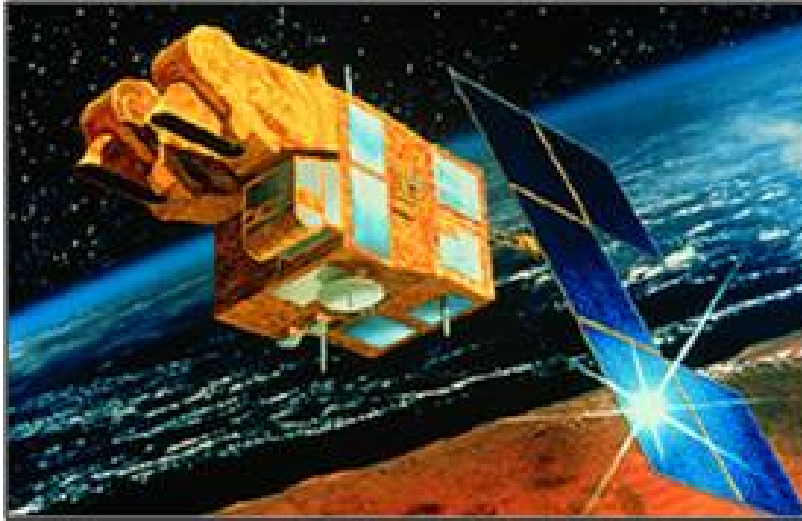


Figura 100. Satellite Spot

Tomado de [http://www.spotimage.fr/html/\\_253\\_278\\_283\\_.php](http://www.spotimage.fr/html/_253_278_283_.php)

El Satélite para la Observación de la Tierra (SPOT) ha sido diseñado por la CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales), la Agencia espacial de Francia y desarrollado con la participación de Suecia y Bélgica. El primer satélite SPOT 1 se lanzó en 1986 y la continuidad del programa se mantiene sin inconvenientes hasta el último lanzamiento de Spot 5 en Mayo de 2002

Presenta dos modos espectrales de adquisición de imágenes:

- ✓ Modo multiespectral (color)
- ✓ Modo pancromático (blanco y negro)

- Características Orbitales

Orbita subpolar (inclinación de  $98,7^\circ$ ), heliosincronica. Realiza un orbita en 101 min y cubre la Tierra en 26 días. Altura de 832 Km.

- Ventajas
  - ✓ Flexibilidad de toma en cualquier parte del planeta
  - ✓ Visión estereoscópica y excelentes correcciones geométrico-cartográficas
  - ✓ Con el nuevo instrumento HRS ( alta precisión estereoscópica) instalado en Spot 5, se obtienen en forma simultánea pares estereoscópicos de un ancho excepcional , con segmentos de 60 Km x 120 Km
  - ✓ Amplia gama de niveles de preprocesamiento, ofreciendo a los usuarios herramientas de análisis preciso, diferentes, según el nivel de exigencia requerido para cada utilidad.
  - ✓ Formato nuevo de los productos Spot: DIMAP. Este es un formato público de descripción de datos geográficos.

### 5.10.1.3 Diferencias entre Landsat y Spot

LANDSAT	SPOT
<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta resolución espectral hasta 8 bandas con Landsat 7.</li><li>• Cubre una escena de 185 Km X 170 Km.</li><li>• Altura del satélite de 705 Km.</li><li>• Incorporación de los Sensores TM y ETM utilizados para cartografía temática.</li><li>• Realiza una órbita en 99 minutos, 14 vueltas diarias y demora 16 días en recorrer totalmente la Tierra.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modo de adquisición de imágenes: Multiespectral en color y pancromático en blanco y negro.</li><li>• Obtención de pares estereoscópicos con el instrumento de HRS (Alta precisión estereoscópica).</li><li>• Resolución Espacial de 2,5 a 5 m.</li><li>• Cubre una escena de 60 X 120 Km.</li><li>• Altura del satélite de 832 Km.</li><li>• Realiza un orbita en 101 min, 14 + 5/26 vueltas diarias y cubre la Tierra en 26 días.</li></ul>

Figura 101. Diferencias entre Landsat y Spot

## 5.10.2 Imágenes de Alta resolución

En las imágenes satelitales de alta resolución tenemos:

- Ikonos
- QuickBird
- World view

### 5.10.2.1 Ikonos



Figura 102. Satellite Ikonos

Tomado de [www.satimagingcorp.com](http://www.satimagingcorp.com)

El satélite Ikonos, fue lanzado en septiembre de 1999, posee un sensor digital diseñado para producir imágenes con elevado contraste, resolución espacial y precisión, brindando un producto preciso y nítido.

Adquiere imágenes blanco y negro con **1 m** de resolución e imágenes a color (4 bandas) con **4 m** de resolución

Ikonos es programable y el instrumento de toma de imágenes orientable, lo que permite la revisita de un mismo sitio en menos de 3 días.

Las imágenes de Ikonos proveen acceso a cualquier lugar en la superficie de la tierra.

Existen diferentes niveles de procesamiento:

- ✓ IKONOS Geo: las imágenes son geoméricamente corregidas , este proceso remueve las distorsiones de las imágenes introducidas por los procesos de captura y re-muestrea las imágenes a una proyección de mapas escogida por el usuario.
- ✓ IKONOS Orto rectificadas: imágenes con precisiones de mapas métricas. Remueven las distorsiones introducidas por la variabilidad y geometría del relieve y re-muestra las imágenes en una proyección escogida por el usuario. Incluye el proceso de unión ó mosaicos de diferentes imágenes.
- Niveles de precisión métrica
  - ✓ Precisión Plus: catastro urbano, planificación urbanística y aplicaciones GIS que requieren la más alta precisión geoposicional, tiene error de 1 m y es adecuado para levantamientos 1 : 2.500
  - ✓ Precisión: ideal para mapeo urbano, mapeo catastral y aplicaciones GIS que requieren una alta precisión geoposicional, tiene un error de 2 m y es adecuado para levantamientos 1 : 5.000
  - ✓ Pro: desarrolla aplicaciones tales como planificación de transporte e infraestructura, de servicios públicos, desarrollos económicos y

evaluaciones de sitios en general. Tiene un error de 5 m y adecuado para levantamientos 1 : 10.000

- ✓ Map: es adecuado para organismos gubernamentales, provinciales y regionales, telecomunicaciones y servicios públicos, agricultura, forestal, geología, impacto ambiental. Tiene un error de 6 m y es adecuado para escalas 1 : 25.000
- ✓ Reference: adecuado para levantamientos de grandes áreas y aplicaciones GIS que requieren menor precisión geoposicional. Tiene error de 12 m y es adecuado para levantamientos de todo tipo en escala 1 : 50.000
- Aplicaciones de Ikonos
  - ✓ Agrícolas: monitorear cultivos y predecir volúmenes de cosecha.
  - ✓ Medioambientales: predecir tendencias en áreas de elevada fragilidad ambiental.
  - ✓ Urbanísticos: evaluar los avances de planes urbanísticos, medir y mapear daños a la propiedad luego de desastres naturales.
  - ✓ Geológicos: interpretaciones geológico-estructurales.

### 5.10.2.2 QuickBird



Figura 103. Satellite QuickBird

Tomado de <http://spaceflightnow.com>

Satélite de alta precisión que ofrece imágenes comerciales de alta resolución de la Tierra. Puede obtener imágenes pancromáticas y multiespectrales que sirven para dar soporte a las aplicaciones en mapas con énfasis en áreas urbanas.

Estas imágenes muestran un excelente nivel de detalle, claridad, calidad espectral y cobertura global, siendo una gran herramienta para el análisis e interpretación de la superficie terrestre, especialmente en el ámbito militar, administración de recursos naturales, planificación urbana, telecomunicaciones, agricultura, control del medio ambiente, catastros, minería, entre otros.

Hay imágenes disponibles para todas las localidades y se encuentran georreferenciadas en WGS84. Cabe señalar que este tipo de imágenes permite realizar análisis predictivos y estadísticos, haciéndose necesario georreferenciarlas a sistemas locales, a través de los Sistemas de Posicionamiento Satelital GPS Leica o de cartografía existente

Las imágenes Quickbird están disponibles según 3 niveles de procesamiento:

- Basic,
  - Standard y
  - Orthorectified.
- ✓ Aplicaciones de QuickBird
- Mapas urbanos y rurales que exijan alta precisión de los datos (catastro, redes, planeamiento, telecomunicaciones, saneamiento, transportes).
  - Mapas básicos y aplicaciones generadas por Sistemas de Información Geográfica;
  - Uso de Tierra (con énfasis en áreas urbanas).
  - Estudio de áreas verdes

## **6. GPS**

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

El presente tema está conformado por animaciones que permiten comprender los conceptos básicos de GPS, adicionalmente contiene una serie de videos donde se explica detalladamente los pasos necesarios (oficina y campo) para la realización de un trazado, desde como programar el GeoExplorer3 hasta la utilización de éste en el campo.

Los videos fueron facilitados por Trimble y hacen parte de un paquete muy completo de tutoriales que se encuentran en la misma carpeta. La presentación de estos tutoriales exige la interacción con los mismos, por lo que se requiere comprender su contenido. Debido a que los videos originales se encuentran en

Inglés, se elaboraron videos traducidos que nos explican el manejo del GeoExplorer3.

La carpeta GPS está conformada por diversos archivos de los cuales se utiliza únicamente GPS.EXE pues los demás son fuentes que permiten el funcionamiento del aplicativo.

#### **OBJETIVOS:**

- Capacitarse en el posicionamiento a través del sistema de posicionamiento global.
- Identificar las diferentes precisiones obtenidas según el método elegido y clarificar su confiabilidad.
- Integrar la información GPS con los Sistemas de Información Geográfica.
- Conocer acerca de la actualización de Cartografía o imágenes satelitales a través de GPS en tiempo real o Post-procesado.

#### **6.2 QUE ES GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (conocido también como GPS), es un sistema de navegación mundial basado en una constelación de 24 satélites orbitando la tierra; los receptores GPS utilizan estos satélites como puntos de referencia para calcular la posición con una precisión de unos cuantos metros de error.

El Sistema GPS está disponible para cualquier persona en cualquier parte del planeta a cualquier hora del día, todo lo que se necesita es un receptor GPS.

Hoy en día el sistema GPS posibilita realizar en un día lo que hace años tomaría semanas y todo un equipo de personas trabajando

### 6.3 TIPOS DE GPS

- De mano
- Navegación
- Integrados a SIG

#### 6.3.1 Gps de Mano



Figura 104. Gps de Mano

Tomada de [www.blauden.com](http://www.blauden.com)

Son receptores GPS que registran el recorrido, permiten seguir rutas premarcadas, y se pueden conectar a un ordenador para descargar o programar las rutas.

Su sistema operativo y software es totalmente cerrado, no se puede modificar ni añadir nada.

### 6.3.2 Gps de Navegación



Figura 105. Gps Navegadores

Tomada de [www.comprar-navegador-gps.es](http://www.comprar-navegador-gps.es)

Similares a los de mano, pero orientados a su uso en ciudad y carretera, y mucho más modernos. Permiten introducir un destino sobre la marcha y el Navegador calcula la ruta, basándose en su cartografía. Estos GPS generalmente no graban el recorrido ni se conectan a un PC, y en teoría son sistemas cerrados aunque en la práctica algunos modelos se pueden modificar, descubriendo que corren sobre WindowsCE, aunque siempre con un hardware muy limitado.

### 6.3.3 Gps Integrado



Figura 106. Gps Integrados

Tomada de [www.mancuentro.com](http://www.mancuentro.com)

Son modelos de gama alta, es una buena opción. Sin embargo la misma funcionalidad se obtiene con un PocketPc o un móvil más popular, añadiéndole un GPS Bluetooth

## 6.4 TÉCNICAS DE MEDICIÓN

Existen diferentes técnicas de medición que pueden ser utilizadas en la mayoría de los receptores topográficos GPS. El topógrafo debe elegir la técnica apropiada para cada aplicación

Entre las técnicas encontramos:

- **Modo Estático:** Utilizado para líneas largas, redes geodésicas, estudios de tectónicas de placas, etc. Ofrece precisión alta en distancias largas, pero es comparativamente lento
- **Modo Estático Rápido:** Empleado para levantamiento de detalles y para la medición de muchos puntos de sucesión corta. Es una técnica manera muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno del otro.
- **Modo Cinemático:** Usados para establecer redes de control locales, incrementar la densidad de redes existentes, etc. Ofrece alta precisión en líneas base de hasta 20 km y es mucho más rápido que la técnica estática.
- **Modo Diferencial en Tiempo Real.**

#### **6.4.1 Modo Estático**

El método de levantamiento estático fue el primer método en ser desarrollado y es utilizado para la medición de líneas bases largas, generalmente de 20 km ó más, por lo que su período de sesión de registro dura entre las 2 á 5 horas dependiendo la distancia.

##### **6.4.1.1 Ejemplo de la medición Modo Estático**

La red A, B, C, D, E y F debe ser medida. Se conocen las coordenadas de los puntos A y B.

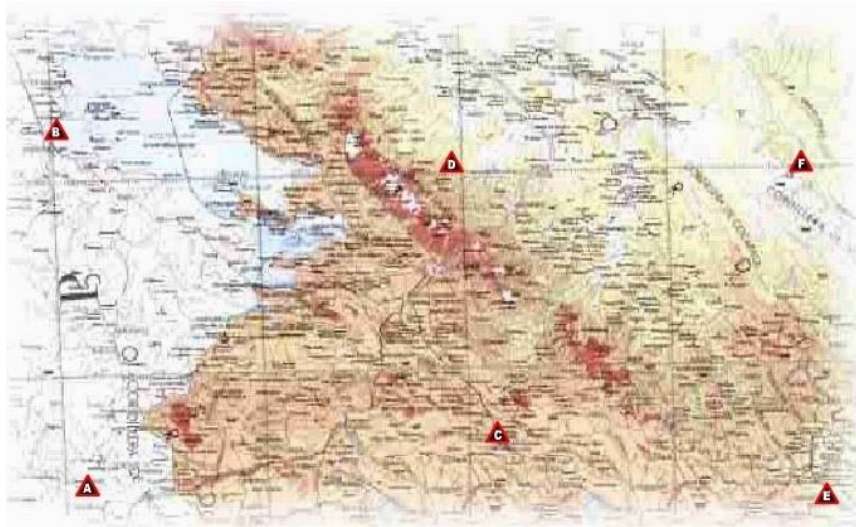


Figura 107. Ejemplo de medición con Gps Estático 1

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

a) Lo primero que se hace es ubicar los puntos A, B y C simultáneamente.

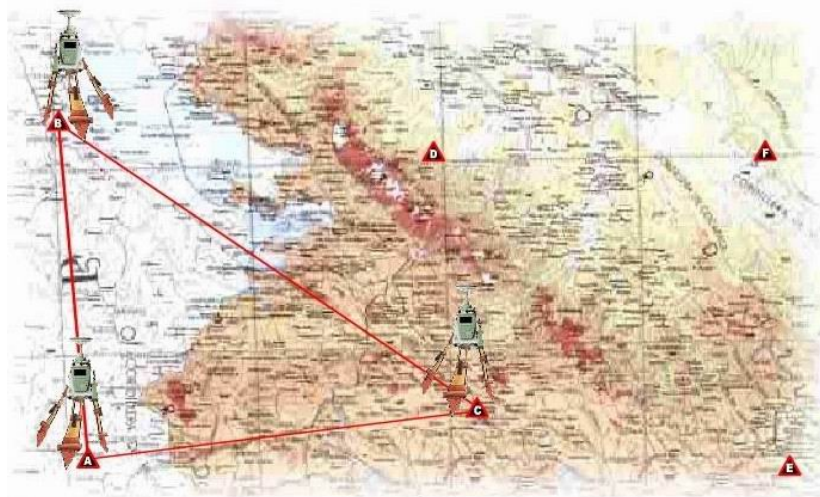


Figura 108. Ejemplo de medición con Gps Estático 2

b) De igual manera se procede con los puntos A, B y D

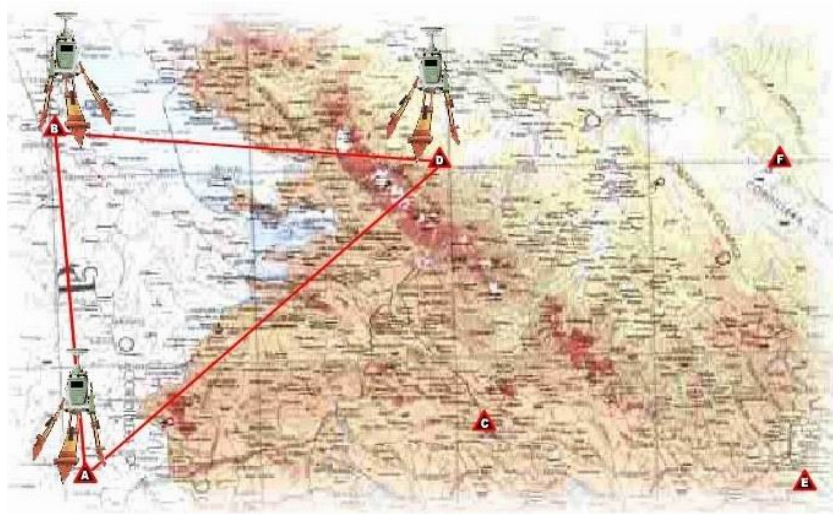


Figura 109. Ejemplo de medición con Gps Estático 3

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

c) Seguidamente se toman los puntos C, D y E

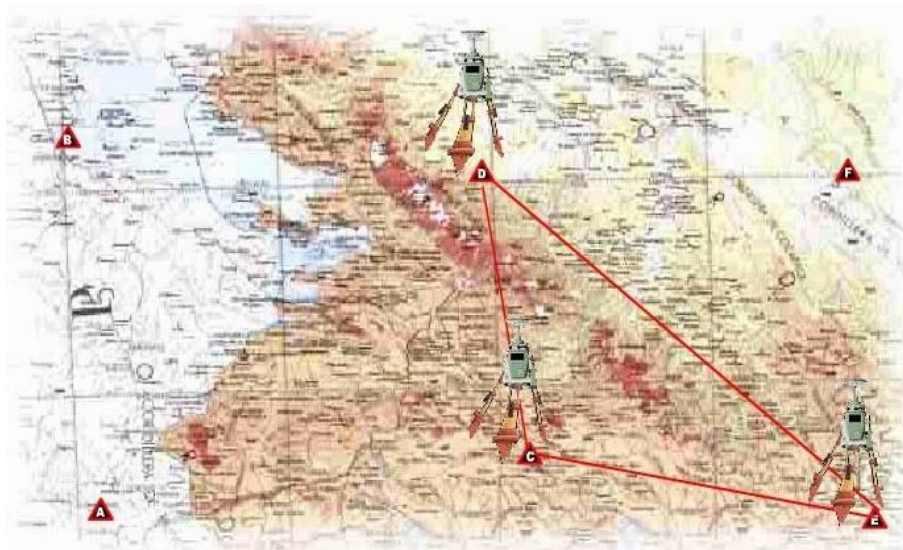


Figura 110. Ejemplo de medición con Gps Estático 4

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

d) Finalmente se toman los puntos C, D y F

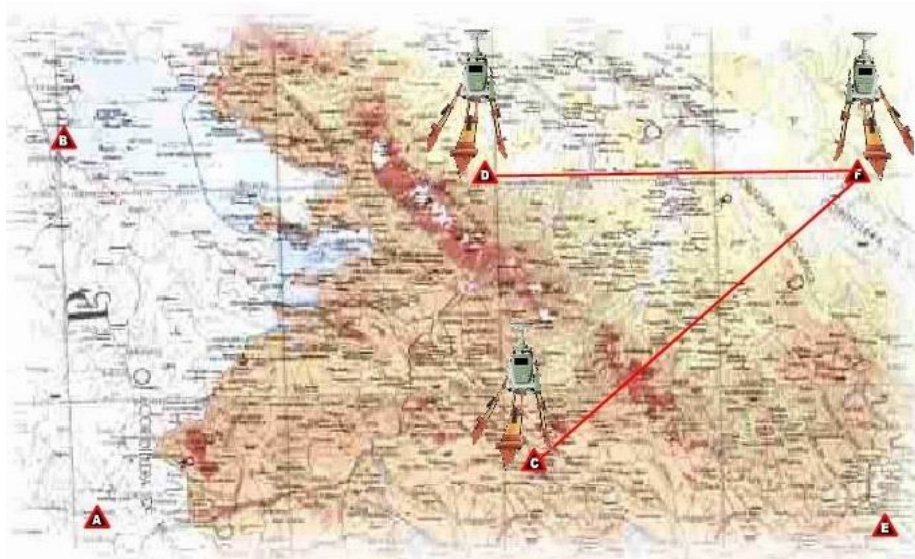


Figura 111. Ejemplo de medición con Gps Estático 5

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

(Ver animación en CD)

#### 6.4.2 Modo Estático Rápido

El método de medición de Estático Rápido es de menor precisión que el Estático convencional, se utiliza generalmente para aumentar la densidad de redes existentes, medición de parcelas, para establecer puntos de control, etc.

El Receptor de referencia se ubica por lo general sobre un punto de coordenadas conocidas.

### 6.4.2.1 Ejemplo de la medición Modo estático Rápido

- a) El Receptor de referencia se ubica por lo general sobre un punto de coordenadas conocidas.



Figura 112. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 1

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

- b) El receptor móvil será estacionado en cada punto de interés para el Topógrafo

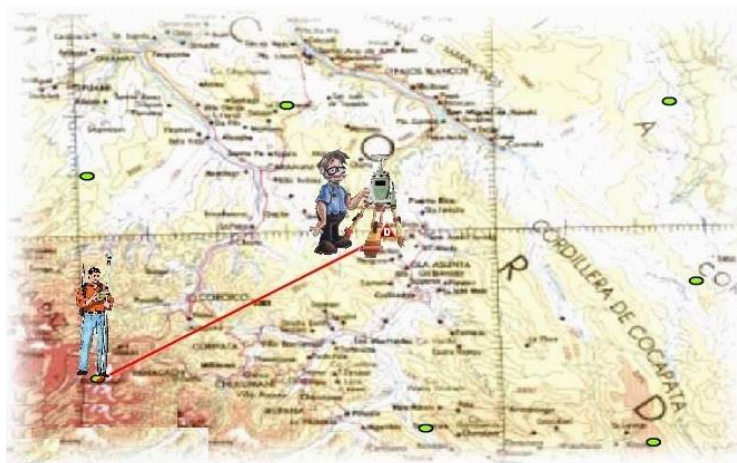


Figura 113. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 2



Figura 114. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 3

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

(Ver animación en CD)

c) El resultado final será la radiación aquí mostrada

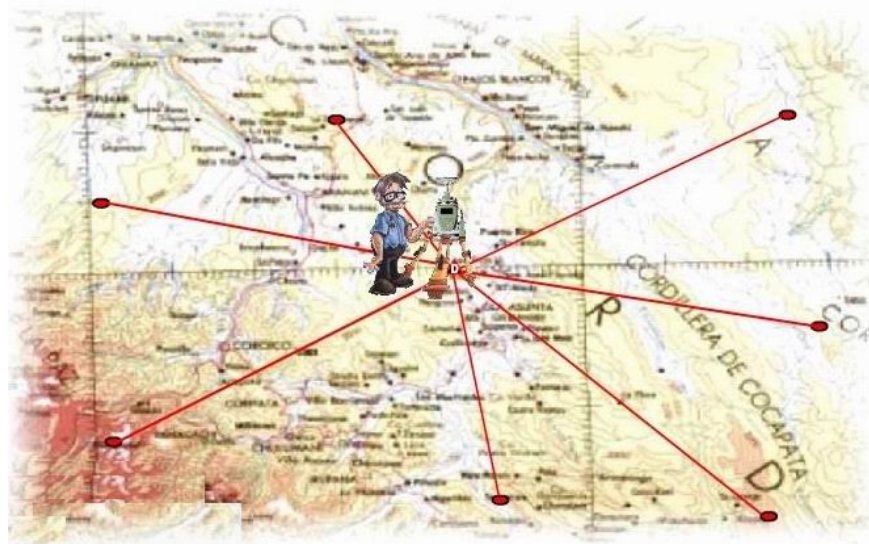


Figura 115. Ejemplo de medición con Gps Estático Rápido 4

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

### 6.4.3 Modo Cinemático

Usados para establecer redes de control locales, incrementar la densidad de redes existentes, etc

Puede ser:

- Con registro de puntos de detalle
- Con registro de puntos a intervalos predefinidos
- Cinemático con inicialización al vuelo (OTF)

#### 6.4.3.1 Ejemplo de la medición Modo Cinemático con registro de puntos de detalles

- a) Este tipo de levantamiento se utiliza cuando se requiere capturar gran cantidad de puntos de detalle. El Receptor móvil requiere ser inicializado por unos 10 á 15 minutos en el primer punto

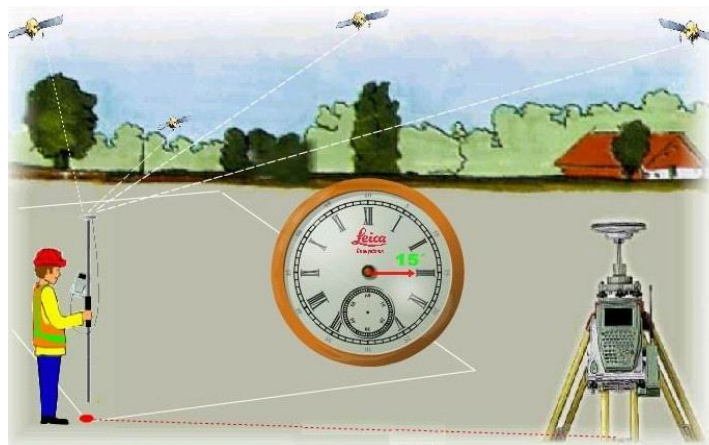


Figura 116. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos de detalle 1

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

b) Una vez inicializado, se puede movilizar a los otros puntos que se quiere levantar, ocupando cada uno por sólo unos pocos segundos

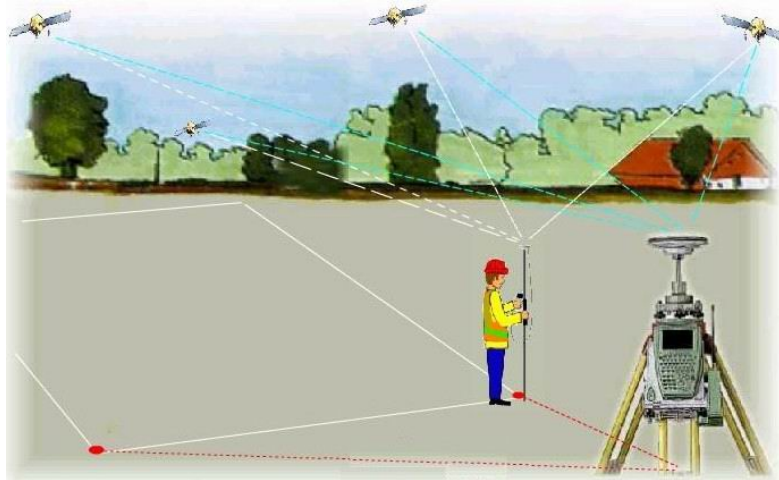


Figura 117. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos de detalle 2

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

c) Se continúa con la movilización hasta cubrir la totalidad

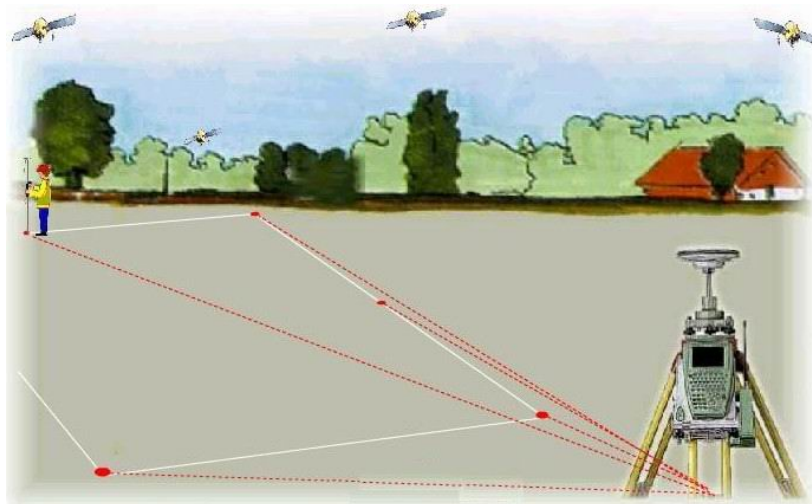


Figura 118. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos de detalle 3

### 6.4.3.2 Ejemplo de la medición Modo Cinemático con registro de puntos a intervalos predefinidos

- a) El Móvil tiene que realizar el procedimiento conocido como inicialización. La Referencia y el Móvil permanecen absolutamente estáticos por 10 á 15 minutos registrando datos.

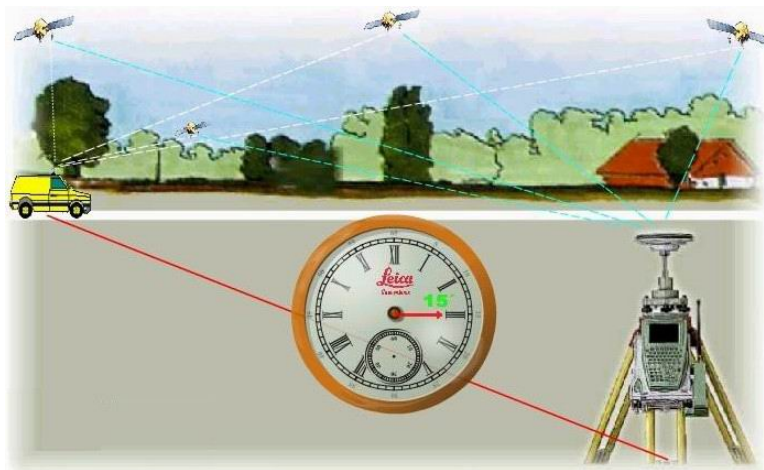


Figura 119. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos a intervalos predefinidos 1

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

- b) Una vez inicializado, el Móvil puede empezar a desplazarse, las posiciones se empiezan a registrar a intervalos predefinidos por el usuario.

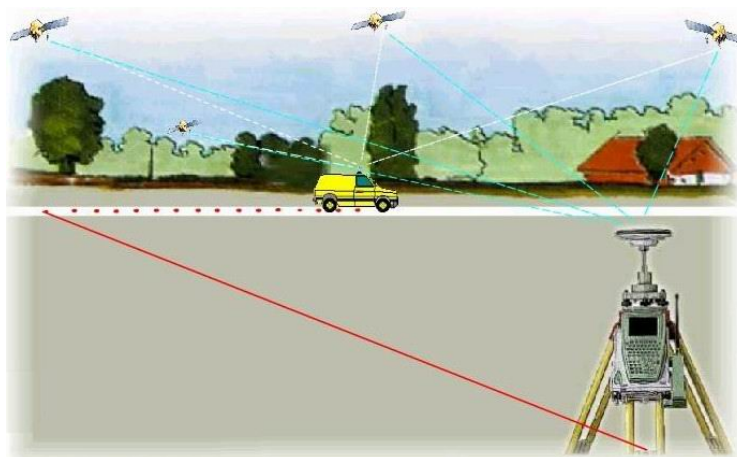


Figura 120. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con registro de puntos a intervalos predefinidos 3

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

#### 6.4.3.3 Ejemplo de la medición Modo Cinemático con inicialización al vuelo (OTF)

- a) En este método no necesita la inicialización estática, al inicio de la medición el Receptor móvil puede comenzar a desplazarse y automáticamente se registran los datos al intervalo predefinido.

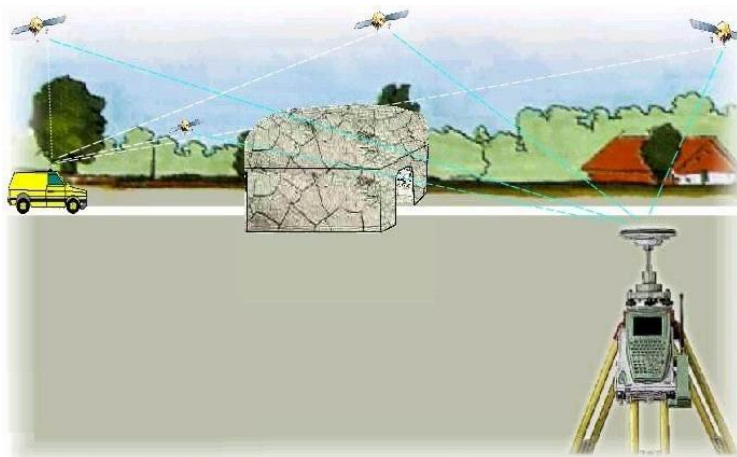


Figura 121. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con inicialización al vuelo 1

- b) Si se presentan obstáculos (árboles, túneles, etc ) y pierde la señal de los satélites, el sistema se volverá a iniciar automáticamente al momento de tener suficiente cobertura de satélites. Este tipo de medición solo está disponible en los equipos L1 + L2 (doble frecuencia)

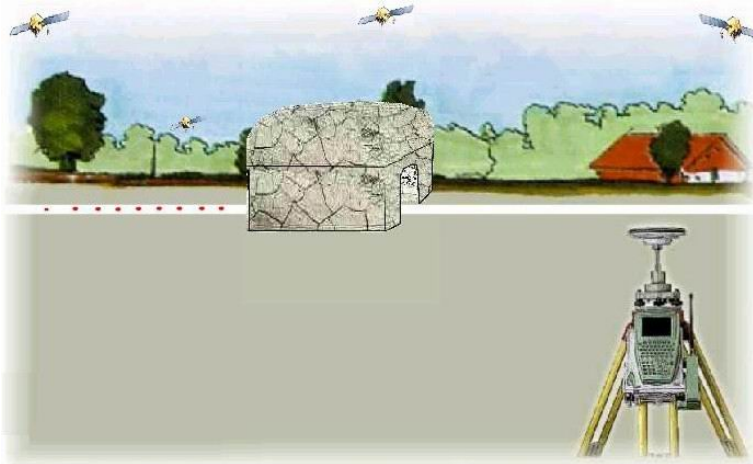


Figura 122. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con inicialización al vuelo 2

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

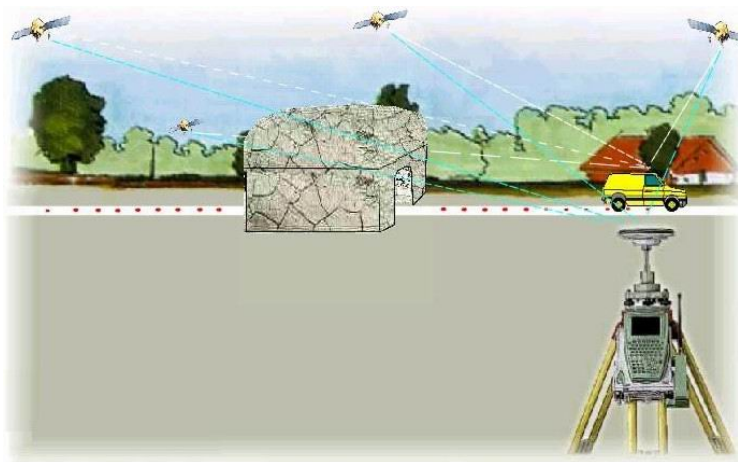


Figura 123. Ejemplo de medición con Gps Cinemático con inicialización al vuelo 3

Tomada de <http://usuarios.advance.com.ar>

## 6.5 SEGMENTOS DE LOS GPS

El GPS está integrado por tres segmentos o componentes de un sistema, que a continuación se describen:

- Segmento de Espacial: Formado por 24 satélites que envían señales para determinar la posición, tiempo, efemérides y estado del sistema.
- Segmento de Control: Hace seguimiento y verifica la posición de los satélites
- Segmento de Usuario: Recibe las señales que envían los satélites y las utiliza para determinar la posición del punto o móvil.

### 6.5.1 Segmento de Espacial

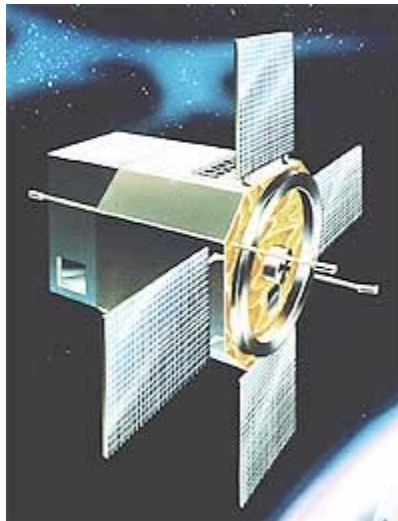


Figura 124. Segmento Espacial  
Tomado de <http://www.inegi.org.mx>

Consiste específicamente en los satélites GPS que emiten señal de radio desde el espacio, formando una constelación de 24 satélites distribuidos en 6 órbitas con un período de rotación de 12 hrs., una altitud aproximada de 20 200 km y una inclinación de 55° respecto al plano ecuatorial.

Esta distribución espacial permite al usuario disponer de 5 a 8 satélites visibles en cualquier momento

### 6.5.2 Segmento de Control



Figura 125. Segmento de Control

Tomado de <http://www.inegi.org.mx>

Es una serie de estaciones de rastreo, distribuidas en la superficie terrestre que continuamente monitorea a cada satélite analizando las señales emitidas por estos y a su vez, actualiza los datos de los elementos y mensajes de navegación, así como las correcciones de reloj de los satélites.

Son 5 estaciones repartidas por todo el planeta. Existe una estación central (la de Colorado Springs) y las otras cuatro estaciones secundarias (Hawaii, Ascensión, Diego García y Kwajalein)

Las estaciones se ubican estratégicamente cercanas al plano ecuatorial y en todas se cuenta con receptores con relojes de muy alta precisión.

### 6.5.3 Segmento de Usuario

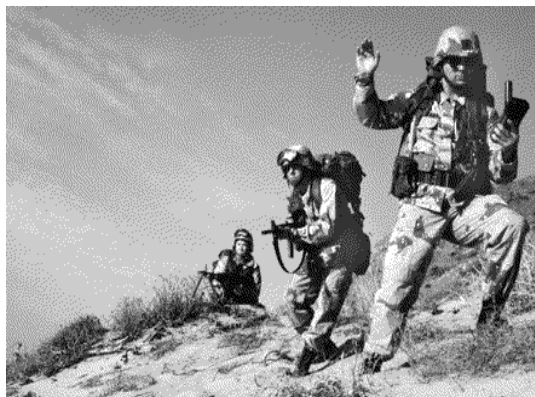


Figura 126. Segmento de usuario

Lo integran los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para el cálculo de su posición tomando como base la velocidad de la luz y el tiempo de viaje de la señal, así se obtienen las pseudodistancias entre cada satélite y el receptor en un tiempo determinado, observando al menos cuatro satélites en tiempo común; el receptor calcula las coordenadas X, Y, Z y el tiempo

### 6.6 PRINCIPIO DE MEDICIÓN DEL SISTEMA

La posición es calculada midiendo las distancias a tres puntos (Satélites) cuyas posiciones son conocidas.

Como resultado se obtienen dos soluciones.

Una absurda, por no estar sobre la superficie de la tierra; la otra es la posición del punto a ser ubicado.

La solución absurda se puede determinar con un algoritmo simple, preguntándole al georeceptor si la solución probable está dentro del radio del elipsoide WGS-84 y la altura máxima sobre la tierra (EVEREST)

## **6.7 POSICIÓN DE LOS SATÉLITES**

Es fácil determinar la posición de los satélites:

La ley de Newton establece que: “un cuerpo en movimiento, permanece así a menos que exista una fuerza que se oponga a dicho movimiento”<sup>16</sup>

A 20200 Km. de altura no hay mayor oposición al desplazamiento de los satélites.

Entonces se puede asumir que los satélites viajan a velocidad constante.

Además, cada 30 sg los satélites envían mensajes que contienen las efemérides para cada uno de los 24 satélites de la constelación.

## **6.8 POR QUE CUATRO SATÉLITES? (Principio de Triangulación)**

El receptor calcula el tiempo puesto por la onda emitida por el satélite para llegarle. Se conoció la velocidad de propagación de la señal y el receptor determina una esfera dentro de la cual es necesariamente su posición

---

<sup>16</sup> Ley de Newton

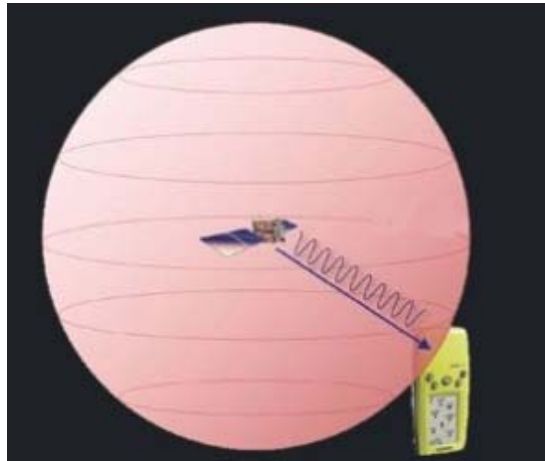


Figura 127. Principio de Triangulación 1

Tomado de [www.gps-auto.org](http://www.gps-auto.org)

Con un segundo satélite, la intersección de las dos esferas forman un círculo y por ende infinitas posibilidades de puntos.

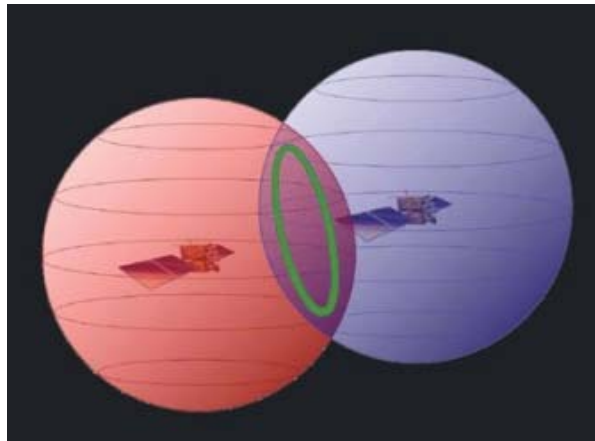


Figura 128. Principio de Triangulación 2

Tomado de [www.gps-auto.org](http://www.gps-auto.org)

Luego con un tercer satélite, se obtienen dos puntos.

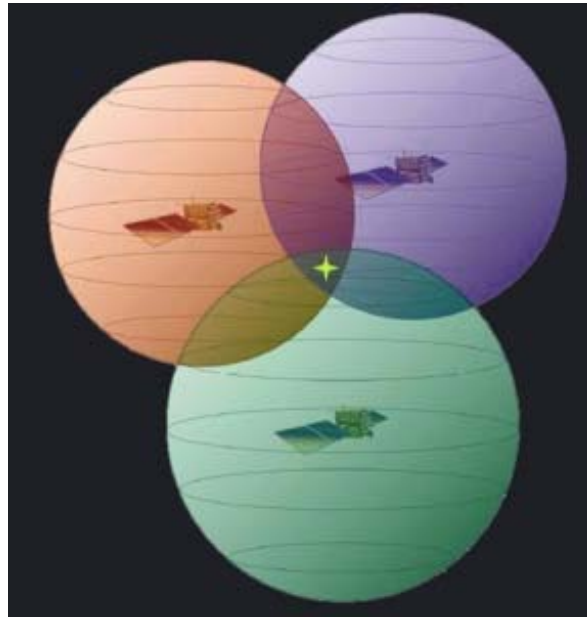


Figura 129. Principio de Triangulación 3

Tomado de [www.gps-auto.org](http://www.gps-auto.org)

Y por último con un cuarto satélite, se obtienen una única posición.

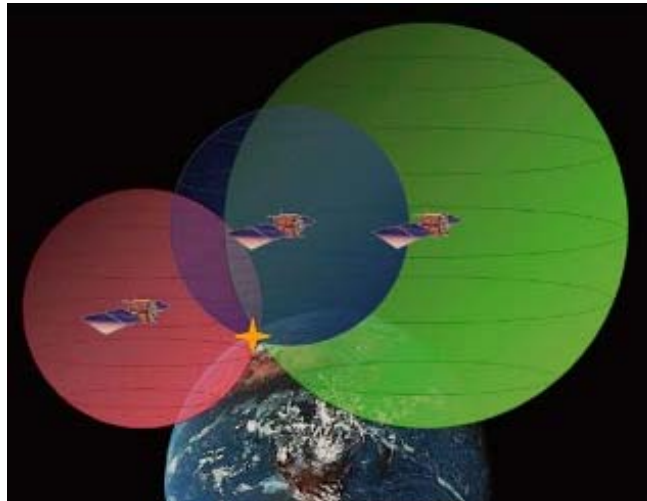


Figura 130. Principio de Triangulación 4

Tomado de [www.gps-auto.org](http://www.gps-auto.org)

Es por esto que en la práctica, el receptor utiliza de 4 a 18 satélites, ya que el problema real implica además de estos 4 factores, varias correcciones.

Mientras más satélites se utilicen mayor es la precisión.

## **6.9 ERRORES**

Los errores que se pueden cometer en la determinación de la distancia son:

- En los efectos de la ionosfera
- Efecto de la troposfera
- En las efemérides
- En los relojes de los receptores
- Disponibilidad selectiva
- Efecto Multipath

### **6.9.1 Error en la Ionosfera**

La Ionosfera es aquella región de la atmósfera comprendida entre 100 y 1000 Km de altitud, allí las radiaciones solares y otras radiaciones ionizan una porción de las moléculas gaseosas liberando electrones, los cuales interfieren en la propagación de ondas de radio.

### 6.9.1.1 Solución al error en la Ionosfera

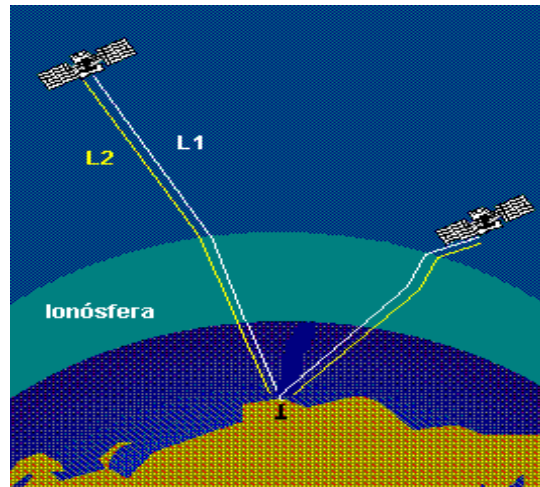


Figura 131. Solución al error en la Ionosfera

El retraso que ocasiona la ionosfera en la propagación de las señales es inversamente proporcional a la frecuencia.

Con L1 y L2 se puede determinar la diferencia entre los tiempos de retardo y por lo tanto eliminar en gran parte el efecto ionosférico

Este efecto es más notorio durante el día

### 6.9.2 Error en la Troposfera

La Troposfera es la última zona o capa de la atmósfera, donde se produce retardo y donde las temperaturas decrecen con el incremento de altura. El espesor de la Troposfera no es el mismo en todas las zonas.

La presencia de átomos y moléculas neutros en la Troposfera afecta a las señales de propagación electromagnética

Para corregir estos problemas se acude a modelos especiales que atenúan estos factores.

### **6.9.3 Error en el Efemérides**

Es la imprecisión de la localización que el satélite GPS transmite. Los errores que presentan son del orden de 0.6 m.

El satélite envía señales indicando “creo que estoy aquí, pero en realidad miente”.

Para obtener resultados de alta precisión se debe utilizar efemérides precisas.

### **6.9.4 Error en los relojes de los receptores**

Cuando un receptor recibe una señal de un satélite, en ese momento su reloj interno tendrá un desfase o error con respecto a la Escala de Tiempo. Este error afectará a todas las medidas de pseudodistancias realizadas para cada época.

Los errores en los osciladores de los receptores los podemos eliminar trabajando con posicionamiento relativo por medidas de fase, planteando las ecuaciones de dobles diferencias.

### **6.9.5 Disponibilidad Selectiva**

La Disponibilidad Selectiva supone una alteración o manipulación de la información que los satélites de la constelación GPS envían a los usuarios en su mensaje de navegación.

Esta manipulación que realiza el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD). Se actúa sobre los estados de los relojes y parámetros orbitales. Trabajando con posicionamiento relativo o diferencial se puede eliminar este error

### 6.9.6 Efecto Multipath

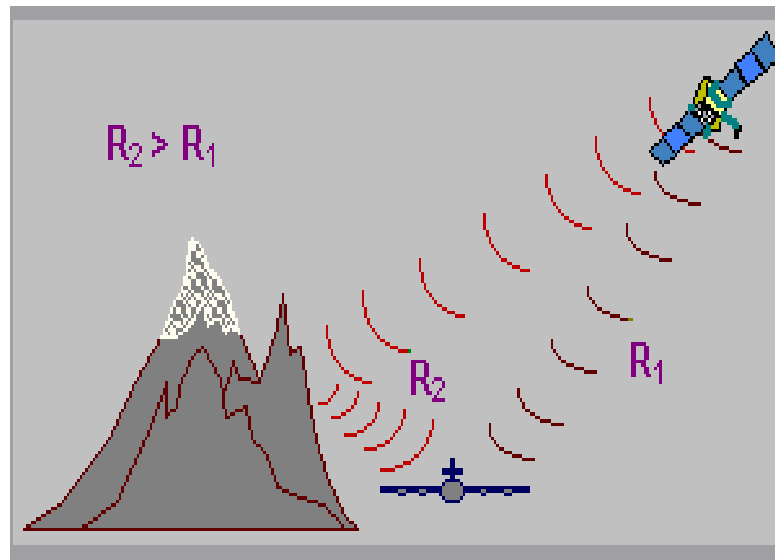


Figura 132. Efecto Multipath

Es causado principalmente por múltiples reflexiones de la señal emitida por el satélite en superficies cercanas al receptor.

## 6.10 ANGULO DE ENMASCARAMIENTO



Figura 133. Ángulo de enmascaramiento

El ángulo de enmascaramiento se refiere al número de grados que un satélite debe estar sobre el horizonte para que pueda ser utilizado para el cálculo, el valor habitual oscila entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ .

A mayor ángulo de enmascaramiento más afectado se ve verá el receptor de interrupciones, ya que dejará de detectar satélites próximos al horizonte.

## 6.11 OBSTRUCCIONES

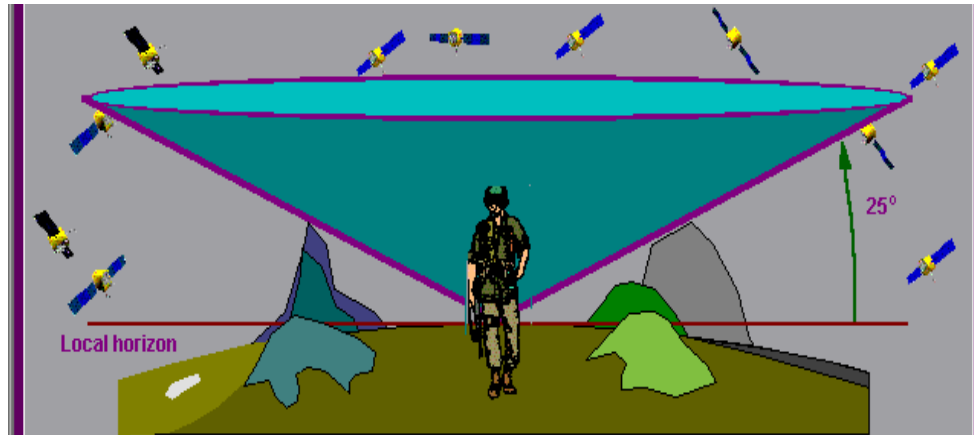


Figura 134. Obstrucciones

Cuando existen obstáculos cerca del punto a ser observado, es necesario elevar el ángulo de enmascaramiento, con el fin de evitar el efecto multipath.

(Ver videos en CD)

## 7. SIG

### 7.1 INTRODUCCIÓN

El contenido de este tema trata conceptos básicos para comprender el funcionamiento de un SIG. La profundización del tema se realiza dentro de las horas de práctica propias de la asignatura GEOMÁTICA.

En el CD adjunto se encuentra la carpeta con el nombre SIG que contiene el archivo SIG.EXE el cual se manejará.

## OBJETIVOS:

- Aprender la utilización de la herramienta SIG como apoyo a los procesos de posicionamientos de la información geográfica.
- Instruirse el uso de los SIG con sus componentes gráfico y alfanumérico como elementos de análisis de la información existente.
- Adquirir destreza en la aplicación de los SIG para procesos convencionales, aplicados en el ejercicio profesional.
- Crear una verdadera herramienta de análisis para toma de decisiones oportuno tanto en el campo técnico o como administrados de recurso humano.

## 7.2 QUE ES SIG

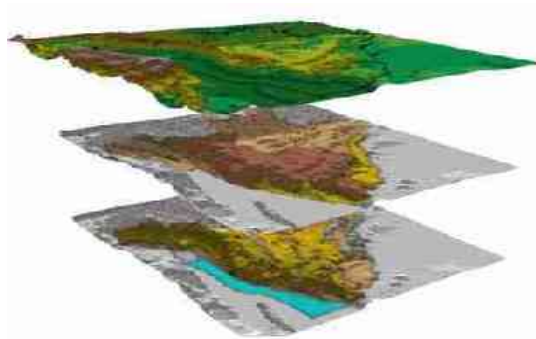


Figura 135. SIG

Un SIG es un sistema informático que permite la gestión y manejo eficiente y oportuno de datos espaciales (mapas) ligados a unos datos descriptivos. Deben contar con una descripción detallada de los datos (Metadatos)<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Jorge Gómez, UIS, 2005

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla.

### 7.3 COMPONENTES Y SUBSISTEMA DE UN SIG<sup>18</sup>



Figura 136. Subsistemas

Los componentes de un SIG son:

- Entrada de datos
- Codificación y procesamiento
- Manejo de la base de datos
- Análisis
- Salida

---

<sup>18</sup> Tomado del libro Sistemas de Información Geográfica, Jorge Gómez, Vanessa Quiroga, UIS,2005

### **7.3.1 Entrada de datos**

Los datos pueden provenir de diferentes fuentes, tales como fotografía, cartografía convencional, CAD, levantamientos, imágenes de satélites, etc.

### **7.3.2 Codificación y procesamiento**

Es la asignación de códigos a cada uno de los elementos a capturar, así como a los correspondientes atributos.

En Colombia, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se ha dedicado a esta labor y posee dicha información en escala 1:25.000 y 1:2000.

### **7.3.3 Manejo de la base de datos**

Es la capacidad de manejo de la información y su categorización entre usuarios normales y administradores del sistema.

Los SIG permiten aislar al usuario corriente de los detalles de almacenamiento y procesamiento de los datos.

### **7.3.4 Análisis**

Es parte fundamental de un SIG, por medio de estos pueden buscarse las mejores aplicaciones.

### **7.3.5 Salida**

La salida de datos puede ser de diferentes formas, nuevos mapas en papel, informes estadísticos, salidas gráficas o de texto, conexión con otros tipos de SIG, etc.

## **7.4 RECURSOS TÉCNICOS**

Los recursos técnicos para la aplicación de los SIG son:

- Hardware
- Software
- Datos
- Personal
- Métodos

### **7.4.1 Hardware**

Hardware es el computador en el que opera el SIG. Actualmente, un SIG corre en un amplio rango de tipos de hardware, desde servers de computadoras centralizados hasta computadoras desktop utilizadas en configuraciones individuales o de red.

Una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir las necesidades de la aplicación. Algunas cosas a considerar incluyen: velocidad, costo, soporte, administración, escalabilidad y seguridad.

### **7.4.2 Software**

El software de SIG provee las funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes clave del software son:

- Un sistema de manejo de base de datos (SMBD)
- Herramientas para el ingreso y manipulación de información geográfica
- Herramientas de soporte para consultas, análisis y visualización geográficos
- Una interfase gráfica del usuario (IGU) para fácil acceso a herramientas

### **7.4.3 Datos**

El componente más importante de un SIG son los datos.

Se requiere de buenos datos de base. Esto es un proceso largo, que frecuentemente demora el desarrollo de productos que pueden utilizarse para justificar la inversión.

Los datos geográficos y los datos tabulares relacionados pueden obtenerse por modo propio para crear y mantener una base de datos para ayudar a organizar y manejar los datos.

### **7.4.4 Personal**

La tecnología de SIG es de valor limitado sin la gente que maneja el sistema y para desarrollar planes para aplicarlo. Frecuentemente sin gente, los datos se desactualizan y se manejan equivocadamente, por lo que es de vital importancia este recurso.

Los usuarios de SIG varían desde especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema, hasta aquellos que lo utilizan para ayudar a realizar sus tareas diarias.

### 7.4.5 Métodos

Un SIG exitoso opera de acuerdo a un plan bien diseñado y reglas de la actividad, que son los modelos y prácticas operativas únicas a cada organización.

### 7.5 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG

Un SIG almacena información sobre el mundo como una colección de niveles temáticos que pueden relacionarse por geografía.

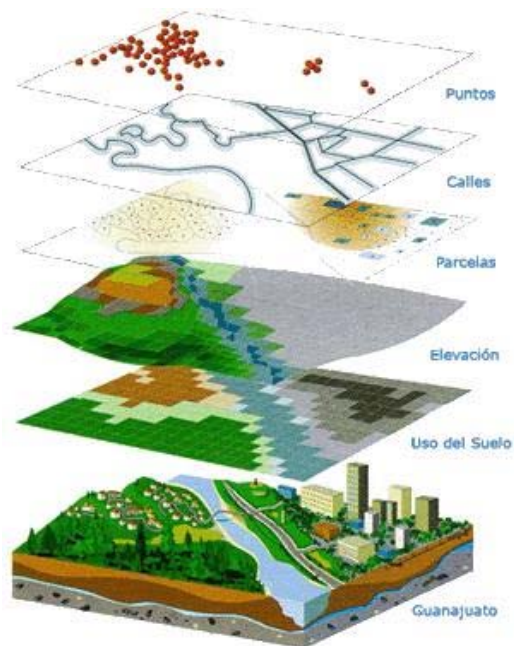


Figura 137. Funcionamiento de un Sig

Tomado de <http://dataplusdateunsupplement.blogspot.com>

Los sistemas de información geográfica funcionan con dos tipos fundamentalmente diferentes de información geográfica: el "modelo raster" y el "modelo vector."

## 7.6 MODELO VECTOR

El modelo vectorial almacena los datos espaciales mediante la discretización de los mismos, lo que permite su clasificación en elementos geométricos, como lo son polígonos, las líneas y los puntos.<sup>19</sup>

El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua, tal como tipo de suelo o costos de accesibilidad para hospitales

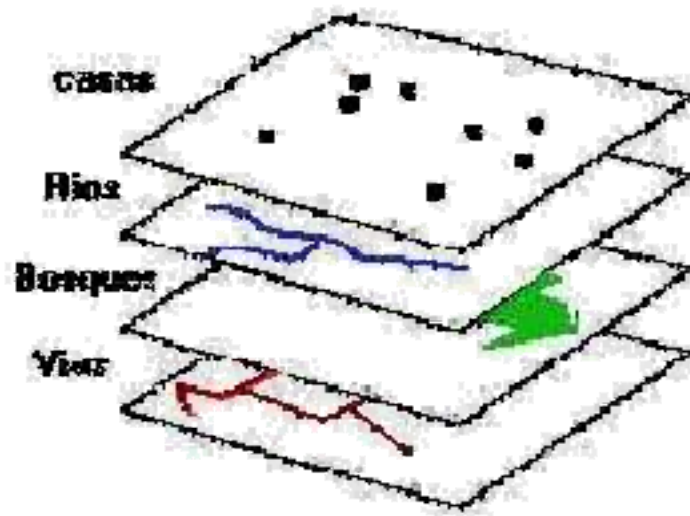


Figura 138. Modelo Vector

<sup>19</sup> Cáceres, Ingeniería de Sig, UIS 2002.

### 7.6.1 Estructura de datos vector

El formato vectorial está definido por el uso de cuatro elementos básicos para almacenar los objetos espaciales:

- Punto: Entidad geográfica identificada por un único par de coordenadas  $(x, y)$ .
- Nodo: Puntos inicial y final de cada arco. El nodo tiene asociada la información de topología. Usualmente, un punto representado en un mapa por un símbolo equivale a un nodo cuyo punto inicial y final son uno solo, relacionado a una entidad geográfica que no es posible representarla en su dimensión de área debido a la escala.
- Arco: Conjunto de coordenadas  $(x, y)$  que describen una línea en el espacio, de trazo continuo. Usualmente es usado para representar entidades que sólo tienen la dimensión en longitud, o como vías o límites entre polígonos.
- Polígonos: Es el espacio comprendido entre regiones limitadas por arcos. Cada polígono es construido a partir del conjunto de arcos que lo define

Este formato es usualmente resultado de la digitalización de mapas. Consiste en un listado coordenado en dos dimensiones que delimita regiones temáticas o representa redes con una impedancia asociada a ellos como tercer atributo. Se decide almacenar un objeto vectorialmente en un intento por representarlo tan exacto posicionalmente como sea posible, procurando definir con precisión todas las posiciones, longitudes y dimensiones de los objetos espaciales

### 7.6.2 Ventajas del modelo Vector

- Estructura de datos compacta.
- Topología descrita con enlaces en redes.

- La búsqueda, actualización y generalización de gráficas y atributos es posible.
- Ampliamente usado para describir zonas administrativas.

### 7.6.3 Desventajas del modelo Vector

- Estructura de datos muy compleja
- Como cada unidad de datos tiene diferente forma topológica, las simulaciones son muy difíciles.
- La superposición de varios mapas en formato vectorial y en celdas es muy difícil.
- El despliegue y el dibujo son más caros
- Costo de la tecnología.

### 7.7 MODELO RASTER

El modelo raster es útil para modelar características de variación continua.

Una imagen raster comprende una colección de celdas de una grilla más como un mapa o una figura escaneada

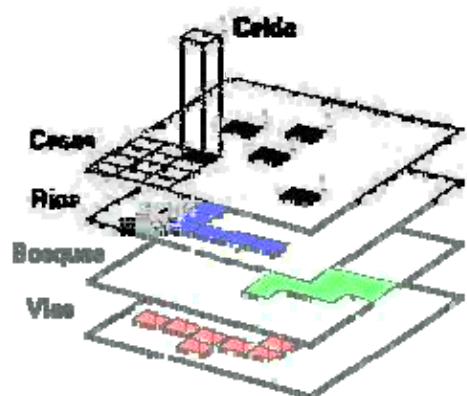


Figura 139. Modelo Raster

### 7.7.1 Estructura de datos Raster

El formato Raster o matricial está definido por un conjunto de celdas localizadas en coordenadas contiguas, implementadas en una matriz bidimensional. Cada celda, también llamada elemento de imagen, elemento de matriz o "píxel", es referenciada por índices de línea y columna y contiene un número (nivel digital) representando el tipo o valor del atributo cartografiado.

Estos niveles digitales de la matriz pueden estar limitados a:

- Intervalos numéricos: Rangos de valores posibles, por ejemplo de 0 a 255 para imágenes en 8 bits,
- Números enteros: Valores asociados a cada ítem para una clasificación temática en el caso de un mapa temático, o
- Valores reales: obtenidos a través de la interpolación matemática en el análisis espacial de un modelo digital del terreno.

Este formato es usualmente el resultado del mecanismo de adquisición de imágenes de satélite, o provienen de imágenes fotográficas analógicas, obtenidas por levantamientos aerofotogramétricos, que pueden ser discretizadas a través de escáneres. Se decide almacenar un objeto en formato Raster en un intento por representarlo tan exacto temáticamente como sea posible, procurando mostrar su alta variabilidad en el espacio

### 7.7.2 Ventajas del modelo Raster<sup>20</sup>

- La estructura es mucho más simple por cuanto se refiere exclusivamente a la secuencia de posición de cada uno de sus componentes.
- Las combinaciones con mapas generados por otras fuentes de sensores remotos es mucha más simple, al igual que las operaciones con dichos mapas.
- Son más sencillos los análisis espaciales por la forma misma de su estructura.
- La tecnología aplicable es más barata. Debe resaltarse que los mayores desarrollos modernos están dirigidos hacia esta estructura.
- Cada celda puede ser utilizada para varias variables.
- Como cada unidad dentro de cada aplicación tiene siempre la misma forma y tamaño, las simulaciones son mucho más sencillas.
- Su programación también es más sencilla.

### 7.7.3 Desventajas del modelo Raster

- Cuando los datos espaciales están esparcidos, hay mayor desperdicio de espacio en el almacenamiento.
- Es más fácil cometer errores en la determinación de áreas y perímetros.
- Son más difíciles de implementar los enlaces de redes.
- Las transformaciones de proyecciones son más lentas.

---

<sup>20</sup> Valenzuela C, Sistemas de Información, Holanda, 1989

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La herramienta creada permite interactuar con los contenidos y programas propios de la asignatura, toda vez que por la naturaleza de su formato es posible manejar elementos como tutoriales interactivos.

El contenido presentado se encuentra totalmente actualizado brindando al usuario acceso a la tecnología existente y el manejo de instrumentos.

La creación de animaciones como las presentadas hace más fácil la comprensión de algunos conceptos que componen la asignatura de Geomática.

Se recomienda continuar con el mejoramiento de la herramienta informática con el fin de generar una que nos permita tener muy pronto la materia de Geomática de la escuela de ingeniería civil de la UIS montada en la red.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías es de vital importancia la actualización no solo en la parte teórica si no en la práctica, para así de esta forma mantener un material acorde a las necesidades actuales.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando, QUIROGA, Vanessa Mercedes, Sistemas de Información Geográfica, Ediciones Uis, Bucaramanga 2005
- ✓ DEAGOSTINI ROUTIN, Daniel, Introducción a la Fotogrametría, Bogotá1990
- ✓ Francisco Javier Moldes Teo (ANAYA MULTIMEDIA))(bibliografía) (Proyectos Gis Con Autocad 2002. Autodesk Map
- ✓ Manual AutoDesk Map 2004, 2003.
- ✓ Manual Autodesk Map 2000, 1999.
- ✓ J. H. GOMEZ G, E. J. ROJAS R., E. HERRERA O., ArcView GIS, Curso Básico
- ✓ <http://www.igac.gov.co>
- ✓ BOSQUE, Joaquín, Sistemas de Información Geográfica, Rialp, Madrid, 1992
- ✓ GÓMEZ, Jorge, Analysis of the Topographic Requirements and Map Production Capabilities for the Cadastral Automation Project in Colombia, International Institute for GeoInformation Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Holanda, 1989

- ✓ Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Catálogo de Objetos: Modelo de datos 1:2000, Bogotá, 1996
  
- ✓ Guía para la contratación e interventoría de trabajo de digitalización de cartografía básica, Bogotám 1996